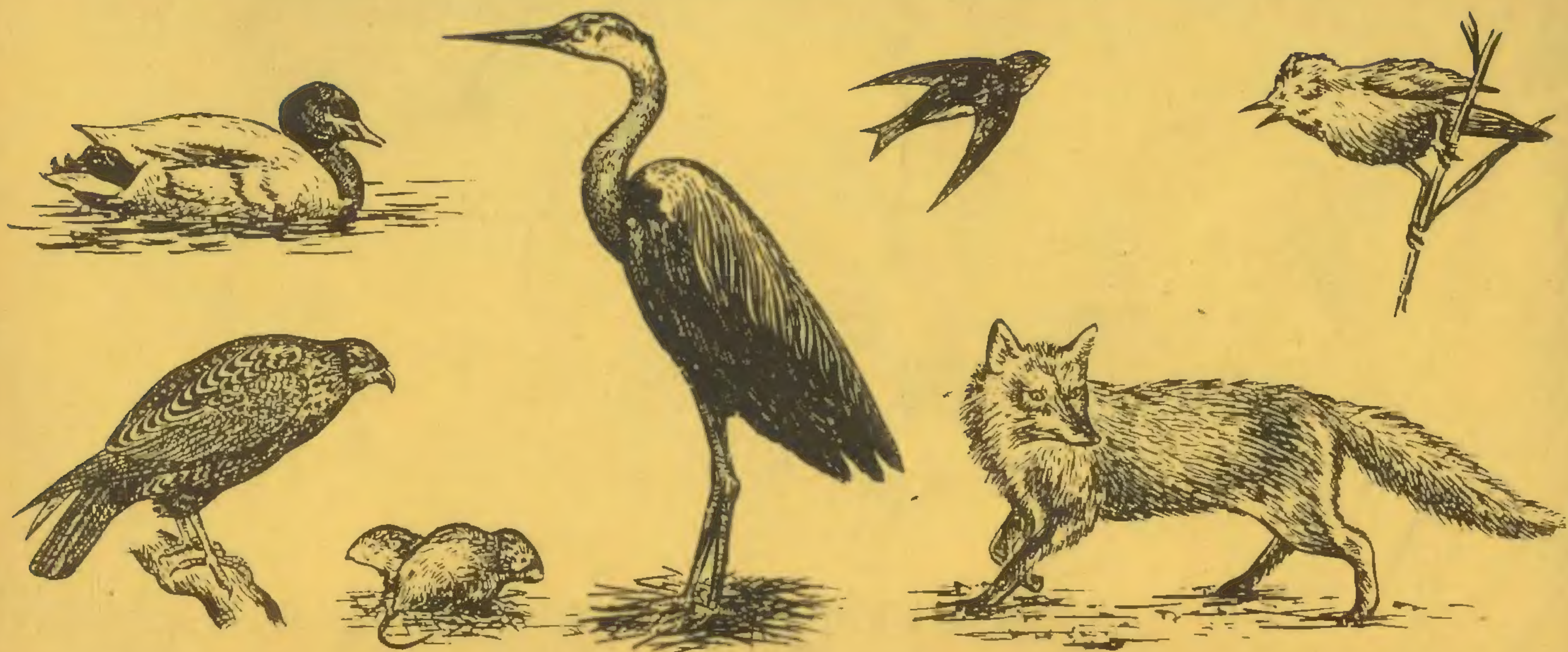


ПРИРОДА

9
1966



ПРИРОДА

**ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ПОПУЛЯРНЫЙ ЕСТЕСТВЕННО-
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ АКАДЕМИИ НАУК СССР**

ГОД ИЗДАНИЯ ПЯТЬДЕСЯТ ПЯТЫЙ

9
1966

В НОМЕРЕ:

Теория ГЛАГ

•

Орошение и животный мир

•

Химическая информация

у «общественных» насекомых

•

Поваренная соль и здоровье

•

Закон сердца

•

Землетрясения и приливы



Высокогорная (4200 м) гидрометеостанция «Ледник
Федченко» (Киргизская ССР)

Фото А. Полякова (ТАСС)

СОДЕРЖАНИЕ

Орошение и животный мир. <i>В. А. Миноранский</i>	3
Поваренная соль и здоровье. <i>Э. Д. Раннак</i>	10
Химическая информация у «общественных» насекомых. <i>Е. О. Уилсон</i>	17
Байкальские землетрясения и лунно-солнечные приливы. <i>В. В. Ламакин</i>	23
Закон сердца. <i>В. А. Лишук, Б. Л. Палец, С. А. Пацкина</i>	35

Обзоры

Проблема жизнедеятельности человека в космосе. *Ф. В. Романов, Е. П. Коструб* (41). Серебристые облака. *И. А. Хвостиков* (48).

Лауреаты Ленинских премий

Теория ГЛАГ. Сверхпроводимость в сильных полях. *В. В. Шмидт* 54

Съезды, конференции

Исследователи Мирового океана. *Л. А. Зенкевич, О. Б. Мокиевский* (64). Первый конгресс по биофизике и биохимии в Болгарии. *Ц. Д. Кардашев* (69).

Научные сообщения

70-летние поиски увенчались успехом. История метеорита Забродье. *В. А. Васильев* (71). Найдено в Вычегодских торфяниках. *Г. М. Буров* (74). Природа векового цикла. *М. Копецкий* (80).

Гипотезы

Шаровая молния. *Г. С. Телетов* 84

Экспедиции

На льдине с тюленями. *Л. А. Попов* 93

Наука — сельскому хозяйству

Новые удобрения. *И. Н. Баскаченко* (102). Гиббереллин и урожайность ягод. *Л. А. Михтелева* (105).

Очерки, рассказы

Тайны ночи. *Ф. Ф. Талызин* 107

Заметки, наблюдения

Интересное срастание. *В. В. Лебединский* (34). Тисс на горе Шоана. *С. Я. Баев* (101). Моржи на острове Вилькицкого. *Ж. А. Павликов* (125).

Новости, события, факты

Землетрясения в Ташкенте. Геологические условия его возникновения. *Г. П. Горшков* (112). VIII Всесоюзное совещание по геокриологии. *К. К. Марков* (112). Симпозиум по биомagnetизму. *Ю. А. Холодов* (113). Существование пылевых спутников Земли вновь подтверждено. *Ю. П. Псковский* (115). Применение лазера для изучения серебристых облаков (115). Загадка Хибинских гор. *В. Е. и Л. Е. Арнс* (116). Открыт первый точечный источник γ -лучей (117). Актуальные проблемы водного хозяйства. *Н. В. Феденко* (115). Новый помощник геофизики (116). Космический мазер. *М. А. Корец, Э. Л. Пониловский* (117). Чем определяется яркость ночного неба? (117). Первая Всесоюзная школа по электронной микроскопии. *В. Н. Рожанский* (118). Лазерный станок. *Ян Венгельский* (119).

По страницам научных журналов

Магнитное поле и жидкость (120). Управляемые мутации (121).

Книжки

Астрономия и философия (*К. Х. Рахматуллин*). Диалектический материализм и современная астрономия. *А. Нысанбаев* (122). Природа сурового края (Г. Д. Рихтер, А. Г. Чикишев. Север Европейской части СССР). *М. К. Граве, В. В. Никольская* (123). Путешествие на край Земли (Р. Кент. Плавание к югу от Магелланова пролива). *Е. И. Ильин* (123). Книжные новинки (124). Коротко о книгах (40; 63; 111).

Ответы на вопросы читателей

Как задержать увядание срезанных цветов? *В. Ф. Верзилов, Е. В. Бельнская* (126).

Календарь природы

Осень на Белом море. *В. В. Бианки* (127).

Орошение И ЖИВОТНЫЙ МИР

В. А. Миноранский
Ростовский государственный университет

Сельское хозяйство — одна из важнейших отраслей социалистической экономики, с развитием которой тесно связаны общий подъем народного хозяйства и неуклонное повышение материального благосостояния советского народа. И не случайно свой первый, после XXIII съезда, Пленум, который проходил 25-27 мая 1966 г., Центральный Комитет ВПСС посвятил вопросам сельского хозяйства, вопросам широкого развития мелиорации земель. На этом Пленуме была обсуждена и разработана грандиозная программа мелиоративных работ, рассчитанная на 10 лет и предусматривающая увеличение площади орошаемых земель на 7-8 млн. га, а осушенных земель на 15-16 млн. га. Общая площадь мелиорированных земель при этом достигнет 37-39 млн. га. Программа мелиорации земель, разработанная Майским Пленумом ЦК ВПСС, открывает замечательные резервы для нашего земледелия. Она представляет собой сложный комплекс мероприятий по улучшению земель: на Северном Кавказе, на юге Украины, в Молдавии, в Поволжье мелиоративные работы позволят создать новые крупные районы поливного земледелия, в Средней Азии и в Закавказье будут расширены уже существующие оросительные системы. В черноземной зоне, в ходе этих работ, будут осушены переувлажненные земли, будет проведено известкование кислых почв, поля очистят от кустарников и камней. В Казахстане, Сибири, на Урале, в Поволжье, на Северном Кавказе, в степной части Украины начнутся работы по борьбе с ветровой эрозией почвы. Повсеместно на всей территории нашей страны, мелиоративные работы позволят добиться высоких устойчивых урожаев, которые не будут зависеть от неблагоприятных климатических условий.



Фото А. Щеголева

КАК ВЕДУТ СЕБЯ ВОДНЫЕ ОРГАНИЗМЫ

Создание сети оросительных и обводнительных каналов в засушливых степных и полустепных районах нашей страны, безусловно, окажет большое влияние на климат, растительный и животный мир этих мест. По водным путям в засушливые степи устремится множество живых организмов. Одни из них могут стать вредителями на вновь создаваемых полях, другие — союзниками человека в борьбе с этими вредителями.

В настоящее время лишь в одной Ростовской области только государственные оросительные системы обеспечивают влагой около 180 тыс. га посевных площадей. Кроме того, силами колхозов и совхозов обводняется еще около 32 тыс. га посевных площадей.

В 1965 г. вступила в строй первая очередь Верхне-Сальской обводнительно-оросительной системы. За годы пятилетки строительство этой системы будет полностью завершено, и площадь орошения в одних

только восточных районах достигнет 24 тыс. га, а вся территория обводнения — 413 тыс. га.

Густая сеть оросительных каналов, создание Цимлянского водохранилища, обводнение Маныча и ряд других гидротехнических сооружений оказывают большое влияние на животный мир степей.

Там, где раньше простиралась выжженная степь, в каналах теперь появились и стали интенсивно размножаться водные организмы. Среди них встречается множество губок, гидр, мшанок, планарий, пиявок, моллюсков, ракообразных и др. Богата и растительность водоемов. Появились водоросли, на мелководье и близ берега можно встретить кулиги тростника, рогоза, камыша, по склонам канала буйно разрастается разнотравье.

В каналах с проточной, часто меняющейся или появляющейся только временно водой фауна несколько беднее. Однако и здесь можно найти большинство из этих организмов — они заносятся сюда из соседних каналов или развиваются из пережива-



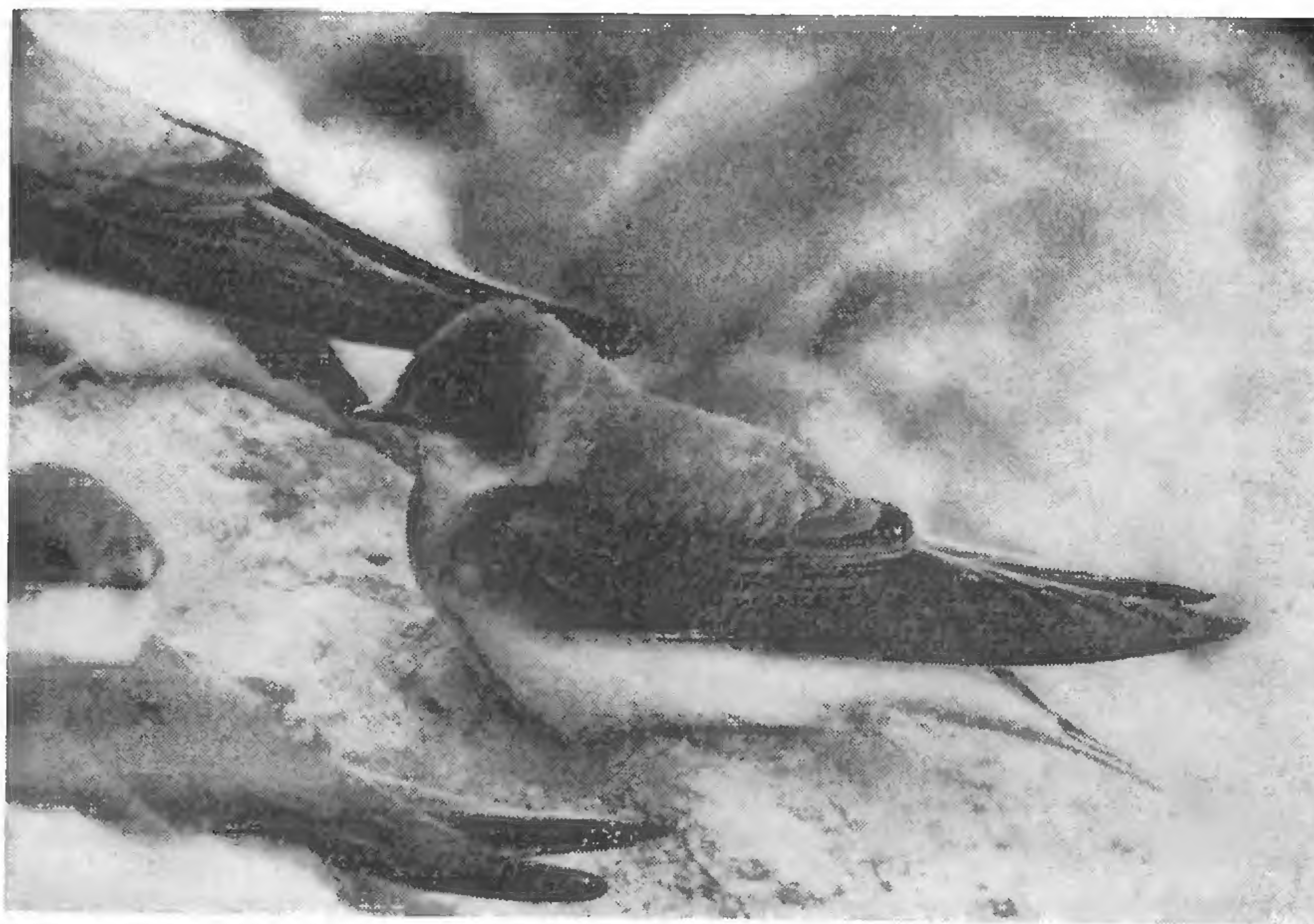
На каналах стали останавливаться для кормежки и отдыха кулики
Фото Р. Фрыгиной

ющих засуху стадий. Одновременно с водными беспозвоночными и растительностью по магистральным каналам проникают земноводные — тритоны и лягушки, пресмыкающиеся — ужи и черепахи, а затем и рыба. С приходом воды в засушливых областях появляется возможность создавать колхозные и совхозные пруды, заниматься рыбоводством и птицеводством.

Замечательные возможности орошения не исключают и «сопутствующих» трудностей. Так, в некоторых районах каналы стали местом массового выплода комаров. По водным магистралям проникают моллюски, рыбы и некоторые другие промежуточные хозяева червей-паразитов — печеночной и кошачьей двуусток, ремнеца и т. д., которые способны паразитировать в организме человека, домашних и диких животных. Вот почему орошение должно привлекать внимание врачей-ветеринаров, охотоведов, рыбоводов. Эти специалисты должны предусмотреть возможность распространения паразитарных заболеваний, передаваемых обитателями водоемов, изучать их в новых условиях, чтобы заблаговременно предотвращать эпизоотию.

СУХОПУТНЫЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ И ВРЕДИТЕЛИ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

Под влиянием поливов изменяются физико-химические свойства почвы, ее водно-воздушный режим, микроклимат. Специальные исследования показали, что в первый день после полива разность температур на поверхности почвы орошаемого и неорошаемого поля доходит до 28°. Разница температур приземного слоя воздуха на орошаемом и неорошаемом участках в Заволжье достигает в среднем 8° и может наблюдаться продолжительное время. Относительная влажность воздуха на орошаемых участках зна-



Береговые обрывы стали местом гнездования береговых ласточек

Фото Ю. Гордеева

чительно выше, чем на богарных. Эти изменения оказывают определенное влияние и на фауну беспозвоночных, населяющих орошаемые земли. Поливы приводят к увеличению в почве численности различных микроорганизмов, простейших, нематод и т. п., обитающих в почве. Они создают более благоприятные условия для размножения и развития мезофильных (влаголюбивых) организмов и угнетающе влияют на жизнедеятельность ксерофилов — организмов значительно менее нуждающихся в воде. На орошаемых территориях прежде всего увеличивается численность комаров, мух, стрекоз, у которых личиночные стадии развиваются в воде. По берегам каналов быстро размножаются мокрицы, пауки, сверчки, медведки. Так, в совхозе Пригородный, Аксайского района, в конце августа 1965 г. на берегу оросительного канала, близ воды, найдено в среднем на 1 м² — пять взрослых особей медведок и 450 личинок, 18 мокриц, 27 пауков, 21 сверчок.

Местом обитания многих организмов, в том числе и вредителей сельскохозяйственных полей служат обочины каналов. В холодное время года они здесь зимуют, весной и летом — размножаются. Отсюда же они расселяются на поля, нанося ущерб посевам различных культур. Поэтому при обсле-



Местом обитания многих организмов в том числе и вредителей сельского хозяйства служат обочины каналов

Фото И. Константинова

довании орошаемых полей на заселенность их вредителями, прогнозировании ее и разработке мер борьбы с вредными насекомыми особое внимание следует уделять участкам разнотравья по краям оросительных каналов.

Наблюдения показали, что на орошаемых площадях численность влаголюбивых насекомых-вредителей может оказаться весьма значительной. Так, на свекловичных полях Ростовской области, в зоне орошения, численность листовой свекловичной тли, свекловичной крошки, люцернового клопа, коровки Лихачева, свекловичной и маревой щитовосок, свекловичной минирующей мухи и некоторых других вредителей заметно выше, чем на богарных, неполивных участках. В жаркие летние месяцы некоторые насекомые (свекловичная минирующая муха, свекловичная крошка) полностью исчезают с богарных свекловичных полей, а на орошаемых — часть их популяции выживает.

При орошении чаще наблюдается и более высокая заселенность полей бордоским и степным сверчками. Скорее всего это обуславливается лишь косвенным влиянием орошения. Однако их интенсивное размножение наблюдается там, где имеется достаточное количество кормовых растений. Больше всего сверчков на растрескавшейся, крупнокомковатой почве. Здесь они находят не только пищу, но и защиту от хищников и

неблагоприятных летних гидротермических условий. Поэтому чем больше на поле сорняков, чем хуже обработана почва, тем многочисленнее сверчки. В зоне орошения, где после полива часто наблюдается быстрое развитие сорняков, с которыми подчас не успевают бороться, а быстрое высыхание верхнего слоя почвы ведет к образованию глубоких трещин, создаются благоприятные условия для массового размножения этих вредителей. Однако при соблюдении агротехнических правил обработки полей, чис-

ленность вредителей может оставаться низкой и в условиях орошения.

Нередко на орошаемых полях наблюдается массовое размножение озимой совки, совков ипсилон и гамма, шелкоунов и других вредных насекомых. Так, на орошаемых полях пойменной зоны численность проволочников иногда достигает 50—70 экземпляров на 1 м².

Если для названных насекомых орошение создает более благоприятные условия размножения и развития, то на некоторые другие вредные виды оно действует отрицательно. Так, численность многих саранчовых, шпанок, дагестанского пыльцеда, песчаного, малого, степного, черного медляков и некоторых других чернотелок под влиянием орошения снижается. Это объясняется гибелью отдельных фаз этих насекомых от воды, большей устойчивостью растений к повреждениям и проникновению в них вредителей, а также успешному развитию различных вирусных и грибковых заболеваний, губительных для этих насекомых. Широкое распространение здесь получают белая и зеленая мюскардины, гранулез и другие болезни насекомых.

Лучшее развитие растений при поливах приводит к тому, что они легче переносят повреждения, наносимые им вредителями. В последние годы в южных районах страны

одним из наиболее опасных вредителей свеклы стала корневая свекловичная тля, питающаяся мочковатыми корешками. Это вызывает их отмирание и может привести к гибели растения. Наши пятилетние наблюдения показали, что при одинаковой зараженности свекловичных полей корневой тлей на богарных полях гибель корнеплодов значительно выше, чем на орошаемых участках. Возьмем для примера орошаемое поле в совхозе Пригородный и богарное в совхозе Мясниковский (по данным 1963 г.). При стопроцентной зараженности свекловичных растений этой тлей и примерно одинаковой численности вредителя на обоих участках, на поле совхоза Мясниковского погибло 78% растений, тогда как на участке Пригородного — всего лишь 5%; это объясняется тем, что на орошаемых и пойменных участках обилие воды вызывает быстрое отрастание новых корешков взамен погибших. В богарных же условиях мочковатые корешки не отрастали, и растения, терявшие тургор¹ в дневные часы, не восстанавливали его и ночью, в результате чего листья отмирали, а корнеплоды погибали.

Орошение не только способствует устойчивости растений к наносимым им повреждениям, но и повышает их сопротивляемость. Хорошим примером может служить сопоставление степени зараженности корнеплодов гусеницами свекловичной минирующей моли на орошаемых и богарных полях. Даже в годы наиболее массового размножения этого вредителя на орошаемых участках зараженность корнеплодов гусеницами не превышала нескольких десятков особей, в то время как на богарных полях она составляла несколько сот гусениц на одно растение. Это объясняется большей доступностью для молодых гусениц ослабленных, угнетенных высокими температурами и недостатком влаги корнеплодов на богарных участках. В орошаемой зоне, наоборот, отрождающимся гусеницам труднее проникнуть в здоровые, упругие ткани нормально развивающихся растений. И они в массе погибают, несмотря на то, что при орошении для этого вредителя создаются более благоприятные гидротермические условия.

Привядшие, потерявшие тургор

¹ Состояние напряжения растительных клеток.

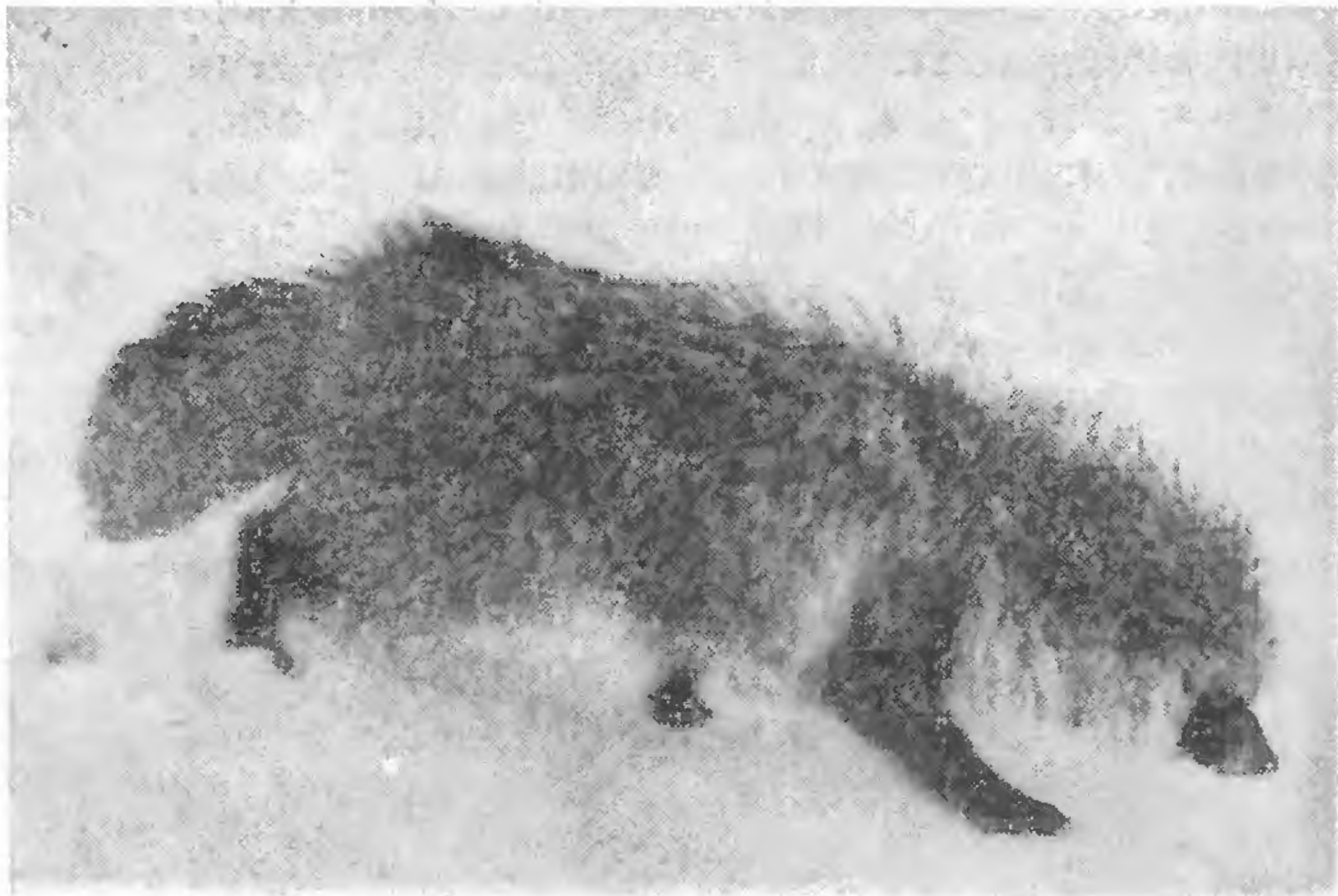
растения, по сравнению с нормально развивающимися, в большей степени повреждаются и жуками — песчаным, малым, кукурузным и черным медляком, степным и бордоским сверчками и другими вредителями. Кроме того, в условиях жаркого климата степей растение служит насекомым не только источником питания, но и своеобразным резервуаром, хранящим запасы воды. Здесь свеклу повреждают и такие насекомые, которые не относятся к фитофагам или являются специализированными вредителями других культур. Так, в жаркое время года, добывая воду, свеклу часто повреждают жуки семиточечной коровки — известные хищники, «гроза» тлей — весьма полезные насекомые. На орошаемых полях достаточное количество воды уменьшает число подобных повреждений, а при избытке влаги некоторые обычно опасные вредители, такие, как чернотелки, переходят от питания живыми растениями к питанию органическими остатками и не повреждают культурных растений.

Орошение можно использовать и как прием борьбы с некоторыми вредителями, если время проведения поливов приурочивать к определенным, наиболее уязвимым стадиям развития этих насекомых. Так, поливы во время массового отрождения гусениц озимой совки приводят к резкому сни-



На заросшем водорослями канале в Веселовском районе были найдены гнезда водяной курочки

Фото И. Константинова



Вдоль каналов постепенно расселяются енотовидные собаки

Фото И. Константинова

жению заселенности полей этим вредителем. На численность свекловичных блошек также отрицательно влияют поливы, если они проводятся в период, когда этот вредитель находится в почве. В наших опытах подобные поливы снизили численность отрождающихся блошек в 10 раз. Орошение оказывает губительное влияние на многих насекомых, проходящих отдельные стадии развития в почве. К ним относятся представители семейства долгоносиков, листоеды, пластинчатоусы. Однако часть вредителей, например некоторые проволочники, приспособились к длительному затоплению и успешно переносят поливы. К сожалению, влияние орошения на энтомофауну сельскохозяйственных полей пока еще изучено очень слабо.

ПОЗВОНОЧНЫЕ ТОЖЕ ПРИСПОСАБЛИВАЮТСЯ

Появление в новых районах густой сети оросительных и обводнительных каналов оказывает определенное влияние и на фауну позвоночных. Вслед за водой, как мы отмечали выше, в засушливые районы проникают различные водные беспозвоночные, влаголюбивая растительность, некоторые рыбы, земноводные, пресмыкающиеся. А это, в свою очередь, привлекает сюда и птиц. В период осеннего и весеннего пролетов на каналах останавливаются для кормежки и отдыха крачки, кулики, цапли, воробьиные, а на крупных, магистральных каналах — утки. Вслед за ними здесь появляются хищные птицы, например болотные луны.

Некоторые птицы остаются здесь во время весеннего пролета и строят гнезда в зарослях тростника, рогоза и камыша. С каждым годом на каналах увеличивается численность гнездящихся дроздовидных камышовок, вслед за которыми появляются кукушки, откладывающие яйца в гнезда этих птиц. Камышовка в настоящее время стала здесь одной из наиболее распространенных пород пернатых. На заросших водоемах начали гнездиться рыжая цапля, малая выпь, болотный лушь, различные кулики и другие птицы. Гнездование утиных, и в частности кряквы, наблюдается в местах, где вдоль берега растут лесополосы, сады или там, где большие площади заняты густым, высоким разнотравьем. Чаще всего их можно встретить на крупных каналах, в районах, отдаленных от человеческого жилья. Здесь же иногда гнездятся поганки. А на одном заброшенном, заросшем водорослями и травой канале, в Веселовском районе, были найдены даже гнезда лысухи и водяной курочки.

Оросительные и обводнительные каналы сыграли большую роль в расселении и увеличении численности не только водных и околоводных птиц. Мосты и каменная выкладка берегов стали местом гнездования деревенских ласточек, белых трясогузок, каменок, удонов, а береговые обрывы — сизоворонок, зимородков, скворцов, береговых ласточек. Некоторых из этих птиц здесь раньше вовсе не было. Густая высокая растительность привлекла для гнездования множество варакушек и серых славок. В 1964 г. в районе станицы Ольгинской на обоих бе-



На крупных каналах можно встретить плавающие гнезда поганок

Фото И. Константинова

регах оросительного канала мы на отрезке в 100 м отметили 11 гнезд серой славки. Вдоль каналов расселяются и желтые трясогузки, устраивающие гнезда в густой траве, под прошлогодним тростником.

Определенное влияние оказывает орошение и на фауну млекопитающих. Оросительные каналы и поливы способствуют расселению обыкновенной и водяной полевки. Водяная полевка не только вредитель полей, но и переносчик туляремийной инфекции, лептоспирозных и других трансмиссивных болезней. В густом разнотравье по склонам каналов часто строят свои норы лисицы. Здесь они охотятся за полевками, домовыми мышами, хомяками и другими грызунами — опасными вредителями сельскохозяйственных полей. Вдоль каналов постепенно расселяются енотовидные собаки, а также некоторые виды землероек.

Поливы на полях, особенно если они проводятся напуском воды, отрицательно влияют на размножение и численность многих грызунов, а такие виды, как малый суслик, серый хомячок, степная пеструшка, общественная полевка и некоторые другие, на орошаемых полях обычно исчезают. Сочетание орошения с другими агротехническими приемами обработки полей может свести до минимума численность грызунов.

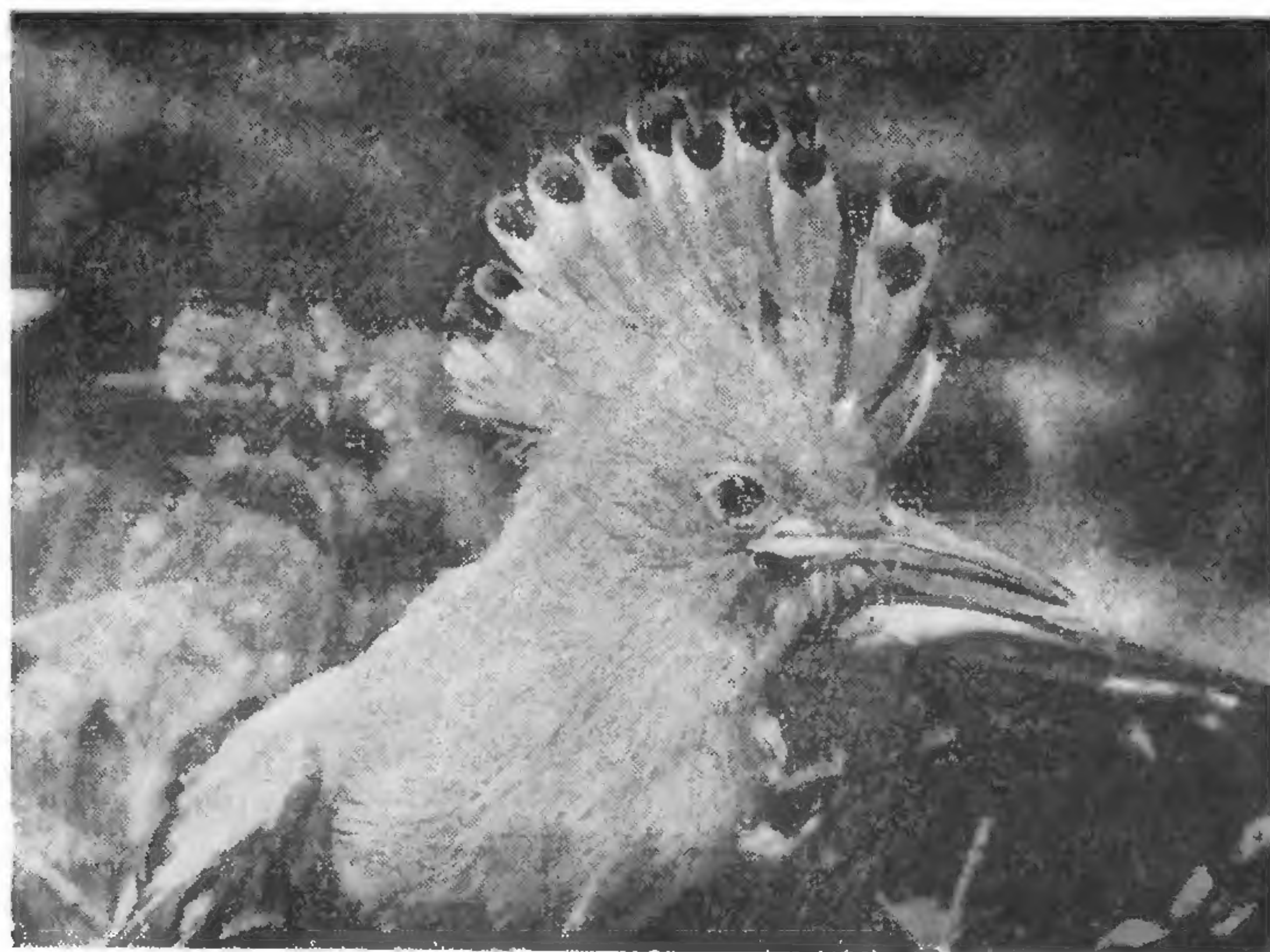


Итак, создание сети оросительных и обводнительных каналов в засушливых степных и полупустынных районах оказывает большое влияние на животный мир этих мест. Каналы служат путями, по которым проникают в новые места водные, околоводные и другие птицы. Большинство этих



Вдоль оросительных каналов расселяются различные мышевидные грызуны

Фото И. Константинова



Удоды часто поселяются под мостами или в каменной выкладке берегов

Фото П. Фоменко

птиц — насекомоядные, они приносят большую пользу сельскому хозяйству. Водоплавающие, привлеченные сюда обилием воды, увеличивают запасы промысловой дичи.

Большое влияние поливы оказывают и на фауну беспозвоночных, включая вредную энтомофауну полей. Они изменяют видовой состав насекомых.

Если одни виды почти или вовсе исчезают с орошаемых участков, то другие, наоборот, увеличивают свою численность. Орошение способствует лучшему развитию растений, повышает их устойчивость к наносимым повреждениям и сопротивляемость вредным насекомым. Совмещение сроков проведения поливов с наиболее уязвимыми моментами развития ряда вредных насекомых приводит к резкому сокращению их численности.

Мелиорация земель, осушение и увлажнение громадных территорий — путь к подъему сельскохозяйственного производства. Все эти работы, на которые в нашей стране будут затрачены громадные средства, должны проводиться с учетом тех перемен, которые они произведут в природной обстановке. Совместными усилиями агрономов, ветеринаров, зоологов, паразитологов и медиков может и должно быть устранено все то, что мешает эффективному и наиболее полному проведению мелиоративных мер в интересах подъема сельского хозяйства и создания наиболее благоприятных, здоровых условий для населения.

УДК 626 81/85; 631/6

ПОВАРЕННАЯ СОЛЬ И ЗДОРОВЬЕ

Э. Д. Раннак
Кандидат химических наук
Тартуский государственный университет

В далекие времена, в частности в Древнем Египте и Китае, добыча соли и потребление ее в пищу не имели широкого распространения, а были привилегией только некоторых этнических групп. Еще недавно существовали племена, ведущие примитивный, натуральный образ жизни, которые вовсе не потребляли соли.

В своем исследовании «Зулусский народ до прихода европейцев» (1953) А. Брайант указывает, что племена этого народа из юго-восточной Африки даже в начале XIX в. «довольствовались только той солью, которая содержится в самих питательных веществах (т. е. в продуктах — Э. Р.). И этого им было вполне достаточно». Брайант, на основе литературных данных и собственных наблюдений, характеризует зулусов как людей с крепким телосложением, пропорциональной фигурой и прямой осанкой, ловких, сильных и очень выносливых.

В ходе развития техники и торговли потребление соли распространялось все больше и стало всеобщим. В пище современного человека количество NaCl значительно превышает уровень содержания натрия и хлора в натуральных продуктах, и это не безразлично для здоровья. Поэтому актуальным является вопрос о том, какое количество этих элементов в пище человека следует считать нормальным.

ПОТРЕБНОСТЬ ОРГАНИЗМА В НАТРИИ И ХЛОРЕ

Для оценки питательных веществ необходимо учитывать прежде всего их калорийность. В физиологических нормах питания количество пищи измеряется не мас-

сой (весом) или объемом, а именно энергией (калориями), запасенной в сухом веществе продуктов. Удобнее всего брать для сравнения количества продуктов, эквивалентные 3000 ккал, так как примерно такое количество пищи в сутки считается для взрослого человека в среднем нормальным¹.

Из элементов поваренной соли, натрий привлекает к себе большее внимание, чем хлор. Натуральные продукты, эквивалентные по количеству 3000 ккал, содержат натрия: цельнозерновые, фрукты, ягоды 0,1—1,0 г; овощи, молоко, яйца, мясо и рыба 0,05—5,0 г².

Сравнительно бедны натрием (впрочем также и хлором) продукты с большим содержанием углеводов или жиров, например, виноград, яблоки, картофель, жирные сорта мяса и рыбы. Еще меньше натрия в рафинированных продуктах, если к ним не добавлена поваренная соль. Пресноводная рыба, в особенности жирная, как правило, несколько беднее натрием, чем морская.

По-видимому, потребность организма человека в натрии должна находиться в пределах этих цифр, так как во время длинного периода филогенетического развития, в процессе которого сформировались физиологические потребности организма, человек мог питаться именно натуральными продуктами без добавки соли. Если исключить крайние цифры, то можно считать, что потребность взрослого человека в натрии

¹ Применяемая в животноводстве «кормовая единица» также близка к 3000 ккал.

² В основном по таблицам из книг: H. Schall. Nahrungsmitteltabelle. Johann Ambrosius Barth Verlag Leipzig, 1962; H. I. Holtmeier. Kochsalzarme Kost. g. Thieme Verlag. Stuttgart, 1960.

или его физиологическая оптимальная дневная норма, должна находиться в пределах от 0,2 до 2,0 г Na, в среднем примерно 0,8 г¹. Это соответствует количеству NaCl от 0,5 до 4 г, в среднем 2,0 г.

Многие исследователи (Р. Берг и М. Фогель, Ф. и Е. Фолхарды, Х. Холтмейер и др.), изучавшие химический состав пищевых рационов, составляемых без добавки поваренной соли, пришли к цифрам того же порядка.

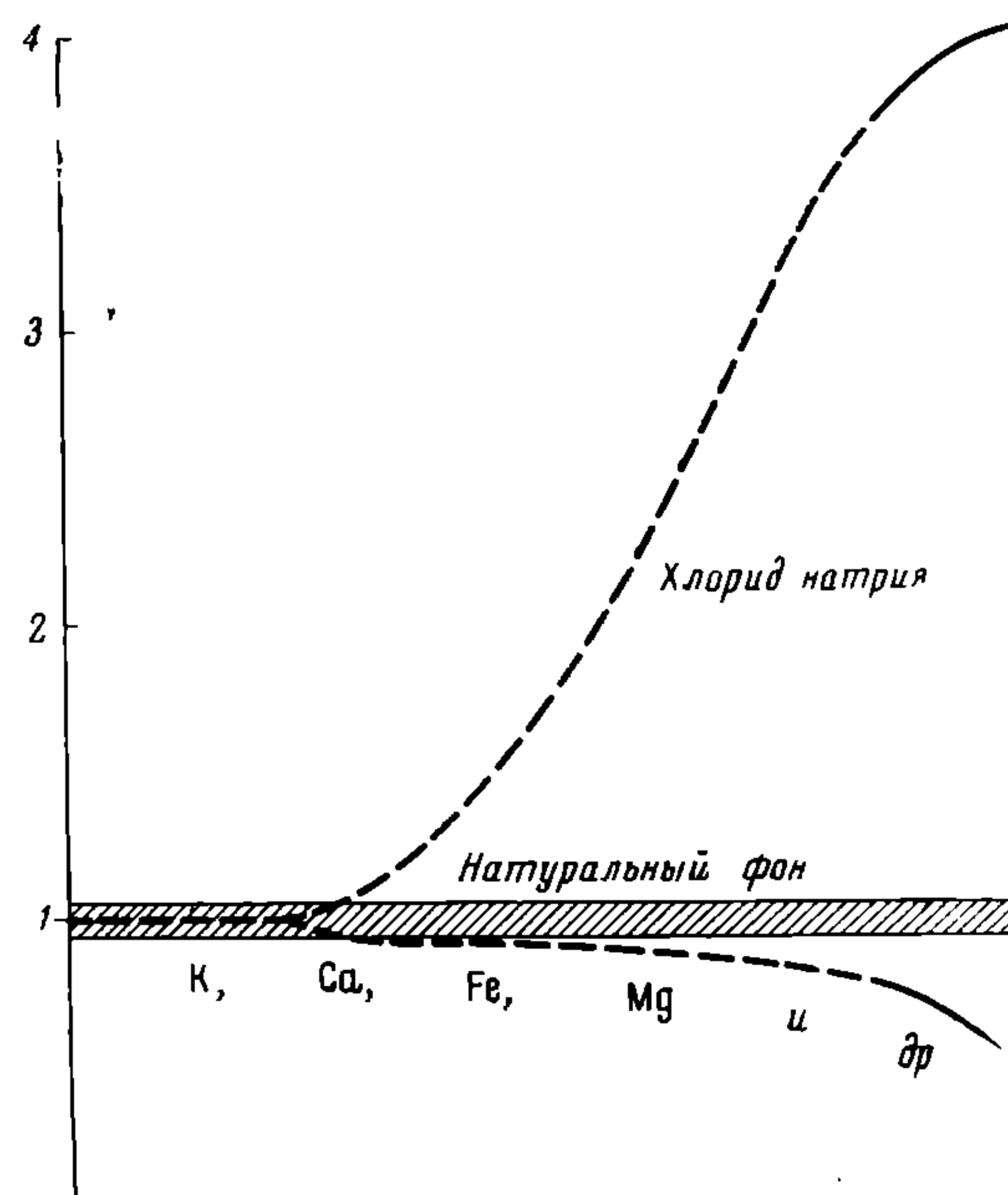
Правда, содержание некоторых (возможно и многих) минеральных элементов в растительных продуктах в последние столетия заметно уменьшилось из-за «истощения» земли; играет роль также увеличение в пищевых рационах доли рафинированных продуктов, так как последние очень бедны минеральными веществами и витаминами. Однако эти тенденции в отношении натрия и хлора были с избытком перекрыты, поскольку калийные удобрения, как правило, содержат много хлорида натрия, а к пищевым продуктам и к пище добавляется сравнительно много поваренной соли.

Вывод о том, что дневная потребность взрослого человека в натрии (и хлоре) составляет в среднем 0,5—5 г поваренной соли, может показаться неправдоподобным, так как современный человек фактически потребляет ее гораздо больше, около 10—20 г в день; при этом часто считается, что человек как бы инстинктивно ориентируется правильно. Например, видный исследователь-диетолог М. И. Певзнер пишет: «Оказалось, что при употреблении поваренной соли в количестве, достаточном для удовлетворения вкусовых потребностей, каждый из больных выделял ежедневно около 8 г хлористого натрия. Таким образом, эта цифра, по-видимому, совпадает с тем количеством, которое обеспечивает физиологическую потребность организма»².

Однако инстинктивная ориентировка, т. е. ориентировка с помощью вкусовых ощущений, возможна только для продуктов, подобных тем, которые потреблялись в период формирования пищевого инстинкта. Соль же стала общедоступной сравнительно недавно, как и сахар (в чистом, товарном виде), крепкие спиртные напитки, табак

¹ Большая часть пищевых продуктов беднее натрием среднего арифметического, поэтому взвешенное среднее должно быть несколько ниже арифметического.

² М. И. Певзнер. Основы лечебного питания. Медгиз, 1958, стр. 122.



Изменение химического состава пищи в результате избыточного потребления поваренной соли и большой доли рафинированных продуктов. Последние обуславливают уменьшение в пище калия, железа, магния и других микроэлементов

и т. д. Но и в этом случае, дневная норма М. И. Певзнера (8 г NaCl, т. е. 3,15 г Na) сравнительно умеренная, она в два раза меньше того уровня, который в последнее время наблюдается, хотя в четыре раза больше насыщенности натрием основных натуральных пищевых продуктов. К тому же клиническими наблюдениями, по-видимому, не легко установить, является ли именно такое количество оптимальным. Во всяком случае нельзя считать обоснованными утверждения о том, что весьма большие количества поваренной соли, действительно потребляемые человеком в настоящее время, будто бы и соответствуют физиологической норме или потребности организма.

Для оценки потребности человека в натрии интересно сравнить содержание этого и других элементов в пищевых продуктах. По данным Г. Шаль и Ю. Дойер, весовые отношения калия, натрия и хлора в натуральных пищевых продуктах составляют: (3—100) : 1 : (1—1,5). Относительное содержание калия (принимая содержание натрия за единицу) в продуктах животного происхождения и в зерновых, как правило, в пре-

елах 3—10, а в овощах, фруктах и ягодах от 30 до 100. По другим данным, в натуральных продуктах, без добавления поваренной соли, калия в 5—20 раз больше, чем натрия. Как видим, действительная физиологическая потребность организма человека (и высших животных) в натрии (и хлоре) должна быть существенно меньшей, чем в калии.

ВЛИЯНИЕ ПОВАРЕННОЙ СОЛИ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Многие врачи (Ф. Видадь, Ф. Фолхард, Ф. Аллен и др.) находили, что резкое ограничение количества поваренной соли в диете до полного исключения ее, оказывает положительное влияние на больных, страдающих от отеков, воспаления почек, сердечно-сосудистых заболеваний и, в особенности, от гипертонической болезни. По их мнению, количества натрия и хлора, содержащегося в натуральных пищевых продуктах, как правило, вполне достаточно для обеспечения нормального функционирования человеческого организма. Подобные выводы, сделанные на основе клинических наблюдений, в настоящее время дополнены географическими исследованиями и подробными биохимическими анализами, как у человека, так и у животных.

Исследования Ф. и Е. Фолхардов и Л. Дала показывают, что люди могут оставаться вполне здоровыми при содержании в дневной диете 0,2 г натрия (что эквивалентно 0,5 г поваренной соли), или даже при 0,04 г Na. Здоровый человек, однако, хорошо себя чувствует при потреблении и в десять раз большего количества натрия (т. е. 2 г натрия или эквивалентных ему 5 г соли). Добавочное же потребление поваренной соли оказывается для здоровья человека опасным.

Этот вопрос изучался некоторыми учеными уже давно, например Р. Бэртоном в XVII в. и С. Митчелом в начале XVIII в., хотя и тогда считалось, что поваренная соль необходима человеку. В современной литературе есть указания на то, что у людей, потребляющих много поваренной соли, сравнительно часто встречается гипертоническая болезнь и кровоизлияние в мозг¹. Для иллюстрации приведем таблицу Л. Дала, составленную им по данным исследования, проведенного в Брукхейвенской лаборатории в Нью-Йорке.

¹ См. В. В. Парин. «Природа», 1965, № 10, стр. 30; «Вестник АМН СССР», т. 20, 1965, № 5, стр. 5.

Содержание в пище соли и частота заболевания гипертонией среди работников Брукхейвенской лаборатории в Нью-Йорке

Поваренной соли в пище	Обследуемые лица		Заболевшие гипертонией	
	Число	%	Число	%
Мало	135	10,0	1	0,7
Среднее количество	630	46,8	43	6,8
Много	584	43,2	61	10,5

В этой таблице в группу мало потреблявших соль, включены лица, вообще не досаливавшие блюд в столовой данного учреждения; к средней группе отнесены те, кто досаливали пищу только в том случае, если она казалась им малосоленой; потребляющими много соли считались люди, всегда досаливающие свои блюда. Как видно из таблицы, потреблявшие много соли заболевали гипертонией в 15 раз чаще, чем те, которые потребляли ее мало, причем остальные факторы, влиявшие на здоровье людей, были максимально одинаковы. Аналогичные соотношения между потреблением поваренной соли и заболеваемостью гипертонией наблюдал в 1960 г. в Латвийской ССР В. Б. Браунс¹.

Для правильной оценки данных Л. Дала необходимо учесть, что в США потребление соли сравнительно умеренное: пределы для взрослого человека 4—24 г, в среднем 10 г в день. Поэтому слова в таблице «мало» или «много» должны означать количества, близкие к этим цифрам.

Есть указания, что малосоленая или бессолевая диета оказывает благотворное влияние не только при отеках, воспалении почек и гипертонии, но и при грудной жабе (стенокардии), синдроме Меньера (особое заболевание внутреннего уха) и даже при насморке, хронических воспалениях дыхательных путей, при лечении гормонами (кортизоном) ревматизма, астмы и т. д., при атеросклерозе, язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, пернициозной анемии (злокачественном малокровии), остром нолиартрите, рассеянном склерозе, поражениях сетчатой оболочки глаз и глаукоме, различных кожных болезнях,

¹ См. В. Б. Браунс. Некоторые изменения липидного обмена при хронической нагрузке хлоридами. Сборник научных работ 1-й Рижской гор. клин. больницы, вып. 2, 1962.

сахарной болезни и аллергических заболеваниях¹.

ПОВАРЕННАЯ СОЛЬ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Известно, что травоядные животные иногда совершают длительные путешествия к местам, где им удастся удовлетворить свою потребность в соли. У плотоядных животных подобного «аппетита» к соли не наблюдается. Чем объяснить это различие в отношении животных к поваренной соли?

Натрий и хлор относятся к числу таких элементов, содержание которых в растениях колеблется в сравнительно широких пределах, в зависимости от характера почвы. Животные же стремятся к пище и питьевой воде того состава, к которому они в своем филогенетическом развитии приспособились. Кроме того, их организм, как и организм человека, стремится к поддержанию относительного внутреннего постоянства. Поэтому не случайно, кровь, внутренние органы, мышцы, молоко и яйца, как правило, содержат относительно постоянные количества натрия и хлора. Имеет значение также то обстоятельство, что растительная пища богаче калием, чем животная, а это несколько повышает потребность травоядных животных в хлориде натрия.

С середины прошлого века ученые обратили внимание на поваренную соль как на фактор, повышающий продуктивность животноводства. Оказывается, добавками соли можно повысить потребление некоторых малосъедаемых кормов до желательных количеств. С этой целью, например, соль даже рассыпают с самолетов для подкормки оленей.

Количества поваренной соли, рекомендуемые животным, зависят от их вида, возраста, продуктивности и других особенностей. Например, корова с продуктивностью в 20 л молока в день, «теряет» в молоке примерно 25 г поваренной соли. Для столь продуктивных животных нормы поваренной соли должны быть несколько повышенными. Вообще же нормы в разных странах различны и иногда рекомендуются весьма большие количества соли: коровам — до 70 г в день и больше, свиньям — 30—40 г и т. д. Но и эти количества при пересчете на

кормовую единицу (эквивалентную приолизительно 3000 ккал) составляют не больше 5 г соли и их следует признать весьма умеренными.

СОЛЬ, ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА И УСЛОВИЯ ЖИЗНИ

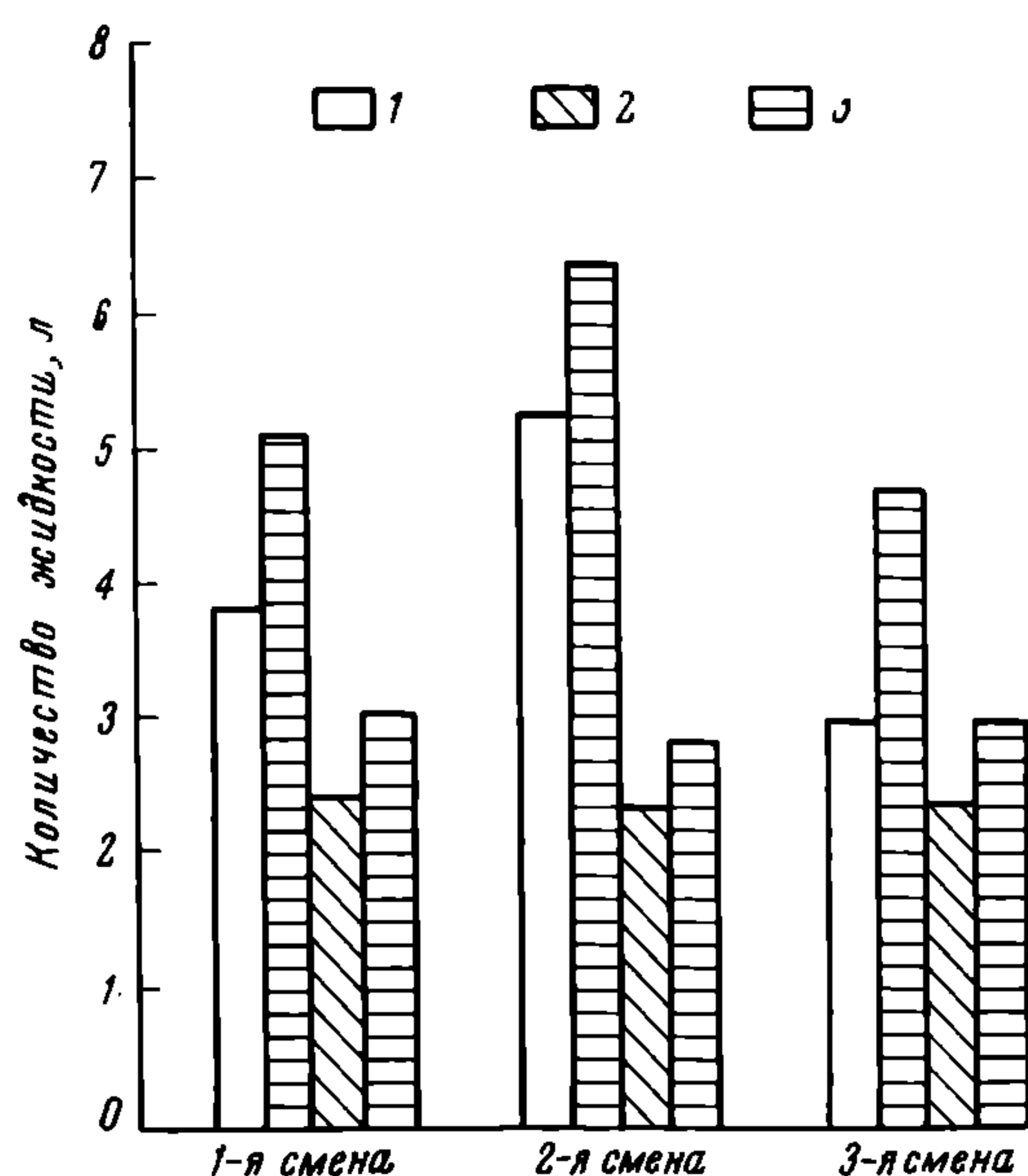
Как мы видели, при некоторых заболеваниях требуется резко ограничить потребление поваренной соли.

В связи с этим может создаться впечатление, что такое ограничение вступит в противоречие с потребностью организма в соли. Однако, дело скорее в том, что при этих заболеваниях организм уже не в состоянии хорошо справляться не только с избыточным, но даже с обычным количеством поваренной соли. Для физиологически благополучного состояния организма иногда требуется довести потребление поваренной соли до крайнего минимума.

Считается, что в некоторых случаях требуется увеличить потребление поваренной соли, например, при длительных поносах, неукротимой рвоте, или при сильном выделении пота, когда организм теряет существенные количества солей. При этом уместно сослаться на пример, зафиксированный около 70 лет назад на шахтах в Англии. Из-за тяжелой работы в жаркой среде шахтеры обычно потребляли большое количество воды и были случаи, когда у многих из них вскоре начинались судороги, иногда со смертельным исходом. Эта болезнь была загадкой до тех пор, пока крупный английский физиолог Дж. Холдейн не предложил добавлять в питьевую воду поваренную соль, что обеспечивало осмотическое равновесие и достаточное постоянство состава крови. Угроза для жизни была предотвращена, хотя выяснение различных сторон этого явления продолжается и ныне.

При работе в горячих цехах и в условиях жаркого климата человек вместе с потом теряет значительное количество солей, главным образом натрия и хлора. Однако, если физиологические (почечные и гормональные) «механизмы», регулирующие водно-солевое равновесие, действуют хорошо, то эти потери будут весьма умеренными. При выделении даже 5—9 л пота в сутки солевой баланс у здорового человека может сохраняться, если вводить всего лишь 1,9 г поваренной соли. С другой стороны, все же есть указания, что в условиях жаркого

¹ См. E. Volhard. Die Kochsalzfreie Krankenkost. Johann Ambrosius Barth Verlag. München, 1956; И. С. Кандрор, А. И. Бокина и др. Гигиеническое нормирование солевого состава питьевой воды. Медгиз, 1963.



Зависимость потоотделения от количества и качества выпитой жидкости и смены работы: 1 — выпито подсоленной воды; 2 — выпито вишневого отвара; 3 — потоотделение. (По данным обследования в горячих цехах Узбекского металлургического завода им. В. И. Ленина)

климата потребность в поваренной соли может возрастать до 25—30 г в день (И. Селескерида). До высоких цифр потребность в соли доходит, по-видимому, при недостаточной акклиматизации человека, нарушении им питьевого режима и при неблагоприятном составе питьевых средств, из-за чего «механизм» организма по регулированию водно-солевого равновесия функционирует не эффективно. В настоящее время при работе в условиях высоких температур, когда потоотделение высокое, рекомендуется в качестве питьевой воды газированная вода, содержащая 0,5% поваренной соли¹, а на некоторых металлургических заводах применяются белково-витаминный напиток, вишневые отвары, чай и др.

Более того, есть специальные исследования, по которым целесообразность потребления поваренной соли в составе питьевой воды вообще ставится под сомнение. Так,

¹ Обязательное постановление Секретариата ВЦСПС от 11 июня 1934 г. «О снабжении рабочих горячих цехов газированной соленой водой»; Справочник по технике безопасности и производственной санитарии, т. 2, Изд-во «Судостроение», 1962; Г. Е. Владимиров и Е. Я. Гейман. Водно-солевой обмен и питьевой режим в условиях жаркого климата, Изд-во АМН СССР 1952.

К. Ю. Юсупов¹, исследуя в течение 3 лет условия работы в горячих цехах Узбекского металлургического завода им. В. И. Ленина, пришел к выводу, что вишневый отвар в качестве питьевого средства обладает рядом преимуществ по сравнению с подсоленной водой. Вишневый отвар приготавливался кипячением в течение 5—10 минут сухой вишни с отношением ее к воде по весу, как 1 : 7. Этот отвар содержит 96% воды, 2,5% сахаров, 0,35% органических кислот, 0,16% белков, дубильных и минеральных веществ и витаминов, в том числе 3,5 мг% витамина С. По составу он напоминает примерно четырехкратно разведенный вишневый сок, выпускаемый в продажу. Подобные напитки можно получать из других фруктов, плодов или даже из овощей. Не случайно, еще Авиценна рекомендовал фруктовые напитки для утоления жажды в жаркое время.

Как показало обследование, проведенное в горячих цехах того же Узбекского металлургического завода, вишневого отвара для утоления жажды потребовалось существенно меньше, чем подсоленной воды. Меньшим было и потоотделение. Характерно, что для всех трех смен количество жидкости и потоотделение при вишневом режиме были практически одинаковы, тогда как при использовании подсоленной воды оба эти показателя резко колебались в зависимости от времени суток. У рабочих, принимавших подсоленную воду, наблюдалось некоторое увеличение РОЭ и резкое учащение пульса, в то время, как при потреблении вишневого отвара, этих изменений практически не возникало. Таким образом, вполне резонно мнение, что при большом потоотделении вовсе нет надобности прибегать к добавкам поваренной соли.

Минеральные воды, как правило, содержат много натрия и хлора, поэтому они могут стать дополнительным источником далеко не безвредного избыточного насыщения организма этими элементами. При приеме одного литра «Боржоми» в организм вводится до 1,6 г натрия, а «Ессентуков № 17» — до 3,9 г, что эквивалентно соответственно 4,1 и 9,9 г поваренной соли. Это — очень существенные добавки к и без того уже избыточным количествам поваренной соли, вводимым в последнее время в организм вместе с пищей.

¹ См. К. Ю. Юсупов. Новое питьевое средство для рабочих в условиях высоких температур, Ташкент, 1961.

Содержание натрия и хлора в некоторых минеральных водах¹

Наименование вод	Время взятия пробы	В одном литре мг		Общая минерализация (г/л)
		Na+	Cl-	
Вюкксек (Венгрия)	август 1950	7784	2703	27 593
Ессентуки № 17	апрель 1955	3930	2758	13 740
Марианске-Лазне (ЧССР)	1930	3105	1265	11 463
Висбаден (ФРГ)	1935	2645	4607	8 505
Ессентуки № 4	март 1954	2375	1648	8 574
Виши (Франция)	январь 1935	1697	324	7 027
Боржоми	1959	1586	424	6 392
Карловы Вары	январь 1955	1566	612	6 059
Монинские (Моск. обл.)	июль 1962	720	0,4	5 260
Пятигорские (Радонные)	июнь 1951	621	653	2 933
Кисловодские (Сульфатный нарзан)	май 1957	184	25	5 094
Калечинские (Закарпатск. обл.)	май 1956	2	7	1 642

¹ См. В. В. Иванов и Г. А. Невраев. Классификация подземных минеральных вод, 1964. По другим источникам аналитические данные, в зависимости от времени взятия проб и т. д., могут иметь несколько иные величины.

ПОВАРЕННАЯ СОЛЬ В ГОТОВЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ И БЛЮДАХ

В промышленном производстве в соответствии с официальной рецептурой к пищевым продуктам добавляются различные количества поваренной соли. Из таблицы видно, какие из этого вида продуктов слишком соленые и какие умеренно соленые.

Нетрудно заметить, что, например, для хлеба, равного по количеству 3000 ккал, указанные в таблице пределы «9—13», далеко превышают потребности организма (0,5—5 г в день). Все остальные продукты, следующие в таблице за хлебом, еще более соленые и содержат в десятки раз больше соли, чем требуется организму. Конечно, такие продукты, как брынза, кильки или огурцы, человек не съедает в большом количестве, но и в малых дозах они увеличивают избыток соли.

ПОВАРЕННАЯ СОЛЬ И ДРУГИЕ ФАКТОРЫ ЗДОРОВЬЯ

Теперь уже довольно убедительно установлено, что избыточное потребление поваренной соли вызывает гипертоническую болезнь, воспаление почек и отеки, а частичное или полное исключение ее как добавки к пище способствует выздоровлению при этих и многих других хронических заболеваниях.

Минимальной дневной нормой поваренной соли следует считать 0,5 г; количества до 5 г для здорового взрослого человека допустимы и не вредны. Возможны индивидуальные колебания и довольно широкие: от 0,1 до 10 г (или 0,04—4 г натрия в пище) в день. Однако 15—25 г поваренной соли, что наблюдается весьма часто, явно опасны для здоровья.

В клинической практике считается, что повышенный или ограниченный прием натрия с пищей играет сравнительно небольшую роль в образовании избытка или дефицита этого элемента в организме, так как почки, соответственно либо удаляют образовавшийся избыток, либо обеспечивают максимальное сбережение натрия путем повторного использования его в организме с помощью гормона альдостерона¹. А если избыток натрия и возникает, то это свидетельствует как будто лишь о неспособности

¹ См. Б. Д. Кравчинский. Физиология водно-солевого обмена жидкостей тела. Медгиз, 1963, стр. 226, 233 и др.

Содержание поваренной соли в пищевых продуктах, эквивалентных 3000 ккал

Продукты	NaCl, в г
Сливочное масло соленое и маргарин	4—5
Хлеб и хлебобулочные изделия	9—13
Сыр, шпиг, копчености, колбасные изделия, консервы мясные, мясо-растительные, рыбные и овощные диетические	10—40
Консервы овощные для детского питания, икра осетровая, копченые кильки балтийские, салатики и угорь	20—50
Консервы овощные натуральные (горошек зеленый, томаты цельные и др.), различные супы, томатные соусы, кильки балтийские пряного посола	70—200
Пищевые концентраты (борщ с мясом, каша гречневая, суп гороховый и др.), брынза, овощные консервы (борщ, рассольник, солянка, щи и др.)	20—70
Рыба соленая (кроме лосося и семги)	150—300
Квашенные и маринованные овощи (капуста, огурцы, томаты и т. п.)	250—700

почек эффективно функционировать, т. е. о заболевании их или о расстройстве других систем организма. Натриевое истощение организма, по мнению клиницистов, также в основном результат болезненных явлений.

Однако в жизни вне клиники, все же необходимо исходить из первичного положения о том, что здоровые люди, как правило, потребляют явно избыточное количество поваренной соли. Из-за этого создается ненормально повышенная нагрузка почкам и гормональным системам, связанным с регулированием водно-солевого обмена. Почки, как известно, сами по себе, по сравнению с другими органами, осуществляют очень интенсивный обмен веществ. Поэтому всякая нагрузка их по очищению организма от избытка хлористого натрия, даже при потреблении умеренных количеств соли, возрастает многократно. Поэтому нельзя быть уверенным, что она будет безвредной.

Ограничение потребления соли важно не только как лечебный прием, но и для профилактики гипертонических и некоторых других заболеваний. Такое ограничение сравнительно легче переносится, когда для модификации вкусовых качеств блюд и продуктов применяются различные природные и искусственные приправы: лук, чеснок, хрен, помидоры, лимоны, уксус, перец, натриевая соль глютаминовой кислоты и др. Ф. и Е. Фолхарды, например, считают, что «острые» блюда не вредны для людей с больными почками и страдающих отеком.

Известно, что поваренная соль используется не только как вкусовое вещество, но и как консервант в пищевом производстве. Поэтому для существенного ограничения потребления соли необходимо активное содействие со стороны пищевой промышленности. Тем более, что соль не всегда имеет консервирующее значение, например, в хлебобулочном и кондитерском производстве, при изготовлении колбас, сухих concentra-

тов и др. С технологической стороны здесь для снижения доли поваренной соли в продуктах препятствий нет, нужно лишь пересмотреть рецептуру, имея в виду возможность модификации вкусовых качеств продуктов и блюд различными приправами, что будет содействовать постепенной перестройке вкуса потребителей.

При производстве квашеных и маринованных продуктов соль имеет уже существенное консервирующее значение. Однако и в данном случае можно изготавливать эти продукты без избытка соли, полагаясь на консервирующее действие продуктов брожения, молочной кислоты и др. При такой технологии можно более эффективно использовать и жидкую часть квашеных продуктов, как богатый витаминами напиток.

Основным консервирующим веществом служит соль при производстве соленой рыбы и икры. В этом виде производства она настолько прочно вошла в практику, что вряд ли возможно быстрое коренное переустройство. Но и в данном случае, учитывая уровень современной науки и техники, в перспективе вполне возможен частичный или даже полный отказ от потребления поваренной соли. Современная холодильная и сушильная техника, применение термической, лучистой и химической стерилизации — обнадеживающая предпосылка к успеху и в этом направлении.

Итак, в интересах здоровья и трудоспособности населения необходимо сильно ограничить потребление поваренной соли. Это нелегкая задача, но путем проведения глубоких исследований и внедрения в практику достижений науки и техники в области хранения и консервирования пищевых продуктов и использования природных и искусственных вкусовых веществ осуществление ее вполне реально.

УДК 612.015.3

ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ, № 10 ЖУРНАЛА «ПРИРОДА»

Д. А. ФРАНК-КАМЕНЕЦКИЙ. ИНВАРИАНТНОСТЬ В СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКЕ

Р. ВЕССЬЕР (Франция). ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ ОКЕАНА

ХИМИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ У «ОБЩЕСТВЕННЫХ» НАСЕКОМЫХ

Е. О. Уилсон

Гарвардский университет (Кембридж, США)

В известной работе «Жизнь пчел», изданной в 1901 г., Морис Метерлиник рассказывает о неуловимых «общественных силах», которые направляют деятельность колонии пчел. «Где он, этот „дух улья“?... — спрашивает автор, — дух, который безжалостно распоряжается богатством и счастьем, свободой и жизнью всего крылатого населения улья. Он делает это с такой осмотрительностью, как будто им самим руководит великий долг».

Быть может, энтомологи никогда не принимали во внимание этого «социального стремления», и поэтому до последнего времени их попытки объяснить организацию общественных насекомых были не всегда удачны. Впрочем, иначе и быть не могло: ведь значительная часть того, что Метерлиник называл «духом улья», попросту невидимо, ибо, в сущности, оно представляет собой комплекс химических сигналов, подлинное значение которых мы только теперь начали познавать при помощи химического анализа, а также подробного изучения экзокринных желез насекомых. Сегодня этот предмет привлекает пристальное внимание исследователей, потому что, как показывают наблюдения, передача основной информации у общественных насекомых происходит в значительной степени химическим путем, при помощи так называемых феромонных систем, которые достигли у них высшего эволюционного уровня.

Феромоны — это особые вещества, которые используются насекомыми для химической сигнализации между особями одного и того же вида. Этот термин был принят в 1959 г. вместо устаревшего и неточного термина эктогормон.

Феромоны могут быть классифицированы как обонятельные или вкусовые, в соответствии с местоположением воспринимающих их рецепторов. Разнообразие их действия может быть охарактеризовано пусковым эффектом, составляющим классическую рефлекторную схему «возбуждение —

ответ», опосредствованную в целом через нервную систему.

В отличие от одиночных насекомых, каждая отдельная особь общественных насекомых демонстрирует поведение, не отличающееся особой оригинальностью и сложностью. Удивительные качества общественной жизни приобретаются в связи с феноменом массовости, который возникает из сочетания простых индивидуальных шаблонов, служащих способами общения.

К настоящему времени удалось выделить 9 категорий сигналов, при помощи которых общественные насекомые общаются друг с другом. Это тревога, простое привлечение внимания, мобилизация, ухаживание, обмен ротовой и анальной жидкостями, обмен твердыми пищевыми частицами, помощь, распознавание (как членов гнезда, так и членов разных каст), кастовое определение посредством возбуждения или торможения.

Каждый из этих типов реакций, как было установлено, обычно требует химического сигнала какой-то степени. Не приходится отрицать важности осязательного и слухового стимулов в таких явлениях, как вибрирующий танец или звуки, издаваемые маткой медоносных пчел. Однако ныне все возрастающее число доказательств (рис. 1—3) приводит к мысли, что главную роль в организации семей общественных насекомых играют феромоны¹.

ВЕЩЕСТВА ТРЕВОГИ

Возьмем в качестве примера реакцию тревоги. Прежде, когда исследователи располагали данными лишь визуальных наблюдений, вполне естественным был вывод, что тревога распространяется по колонии при помощи звуковых волн, а также в результате возбужденных движений. Звуки, передаваемые через субстрат (почва, восковые соты и т. д.), могут возбудить тревогу, но

¹ См. также: «Природа», 1965, № 4, стр. 41

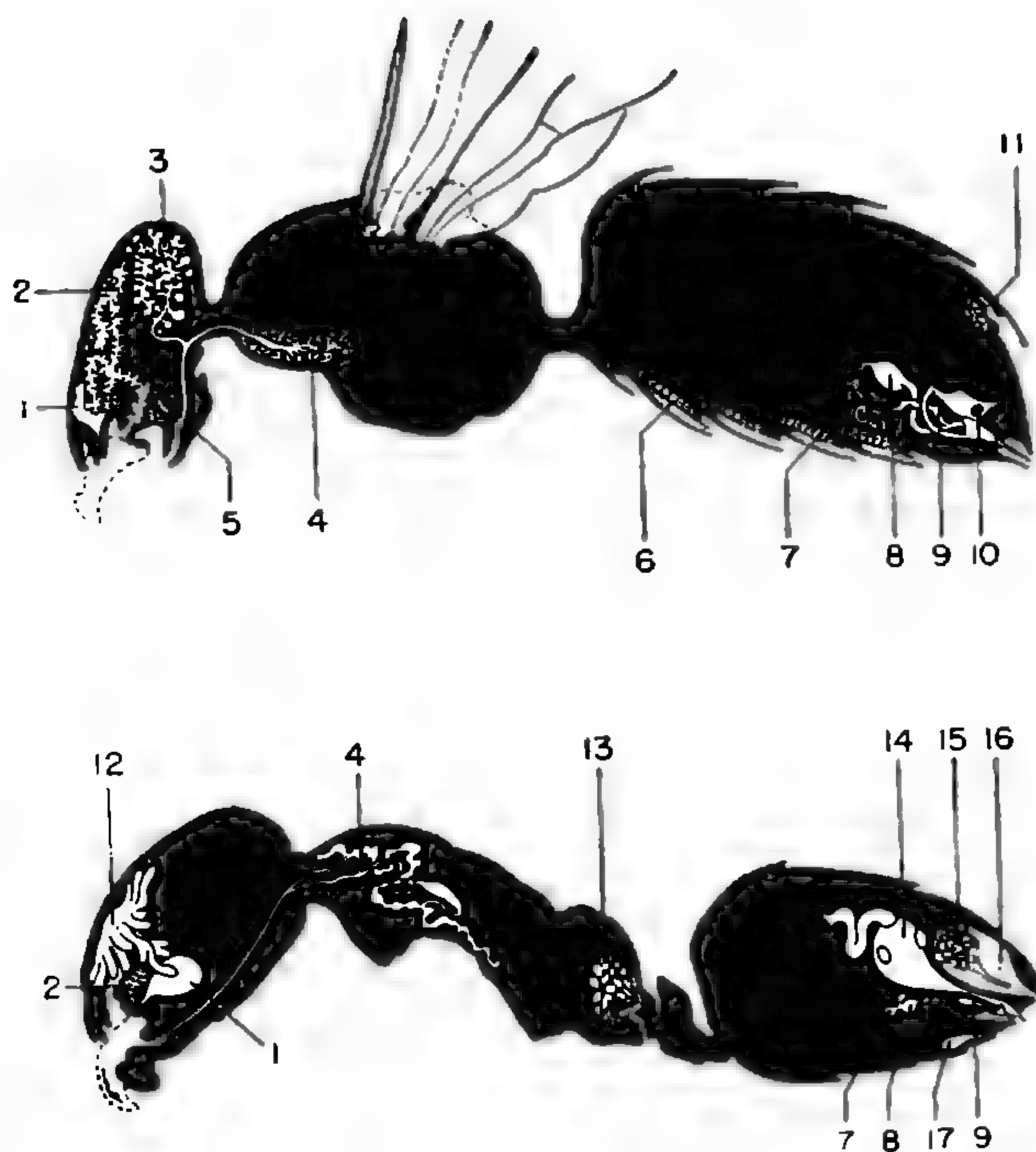


Рис. 1. Железы экзокринной системы (сверху) рабочей медоносной пчелы (*Apis mellifera*); внизу — рабочего муравья (*Iridomyrmex humilis*). Железы обоих видов, обозначенные одними и теми же номерами, гомологичны: 1 — мандибулярная железа; 2 — гипофаренгиальная (максиллярная) железа; 3 — головная губная железа; 4 — грудная губная железа; 5 — зашечная железа; 6 — восковые железы; 7 — ядовитая железа; 8 — мешок (пузырек) ядовитой железы; 9 — железа Дюфура; 10 — железа Кожевникова; 11 — железа Насанова; 12 — заглоточная железа; 13 — метаплевральная железа; 14 — заднекишечная железа (неизвестной железистой природы); 15 — анальная железа; 16 резервуар анальной железы; 17 — железа Павана

теперь очевидно, что сигнал большей частью, а у некоторых видов целиком, передается насекомыми при помощи выделения определенного летучего секрета желез.

Тревога, которая является нормальной реакцией на чужеродное вторжение в пределы гнезда, чаще всего вызывает быстрое ориентированное движение насекомых. При этом их поведение отличается разнообразием. Некоторые касты и даже целые колонии остаются пассивными: они отходят в глубину гнезда или, в крайнем случае, покидают его. Рабочие многих иных видов наоборот, становятся агрессивными и буквально готовы пожертвовать своей жизнью, что весьма характерно для общественных насе-

комых. Ответная реакция, присущая данной касте, может быть вызвана наличием особого содержимого определенных желез, что можно узнать при помощи несложных биологических опытов. Это обстоятельство, а также тот факт, что структура молекулы феромона относительно проста, позволило распознать многие вещества, вызывающие тревогу.

В научной литературе слово тревога часто употребляется в качестве синонима мобилизации. В некоторых случаях эти два явления действительно идентичны. Стюарт показал, что у термитов *Zootermopsis nevadensis* Naq., одного из примитивных видов, «тропинки запаха», образуемые экскретом грудной железы, прокладываются к проломам в стенах гнезда. Мобилизованные рабочие помогают отражать нападающих и исправляют нарушения целостности гнезда.

У высших термитов, которые разыскивают пищу вне гнезда, «тропинки запаха» используются для привлечения рабочих к новым источникам пищи. Стюарт высказал предположение, что в эволюции термитов реакция тревоги постепенно расширилась и переросла в реакцию по розыску пищи, ибо наступает пора, когда близ родного гнезда для подрастающего поколения термитов пищи становится недостаточно. У некоторых видов муравьев, например у *Pogonomyrmex badius* Latr. и *Iridomyrmex pruinosus* Roq. при низкой концентрации секрет тревоги действует как аттрактант («привлекающее внимание» вещество), а при высокой концентрации вызывает реакцию тревоги и нападения. Наряду с этим, у огненного муравья (*Solenopsis saevissima* Fr. Smith) поведение неопределенного беспокойства вызывает особое, еще не исследованное вещество, выделяемое головными железами, как в низких, так и в высоких концентрациях, которое безусловно следует назвать феромоном тревоги, но не аттрактантом.

Количество изученных веществ тревоги превосходит число всех других феромонов. Отчасти это объясняется тем, что многие вещества тревоги летучи, они обладают резким запахом и хранятся в легко доступных резервуарах желез. Отчасти это связано и с обычно малыми размерами и простой структурой их молекул.

Боссерту и мне удалось предсказать возможность того, что большинство веществ тревоги содержит от 5 до 10 углеродных членов и имеет молекулярный вес между

100 и 200. У насекомых некоторых видов, в железах которых, как нам известно, преобладают вещества с молекулами этого ряда, своеобразие действия таких веществ можно было объяснить различиями в структуре их молекул. По-видимому, органы насекомых, воспринимающие химическое раздражение (хеморецепторы), развивались в процессе эволюции так, чтобы эффективно реагировать на летучие ароматические вещества с молекулярным весом порядка от 100 до 200.

Особенности сигнализации тревоги были количественно изучены у муравьев вида *Rogonotermes badius*. Путем прямого измерения результата действия вещества тревоги, извлеченного из головы муравья, мы определили концентрацию веществ, необходимую для осуществления такой реакции. Эта концентрация оказалась много ниже той, которая требуется для брачной аттракции у необщественных насекомых, например у моли, и значительно выше концентрации подобных веществ, используемых огненными муравьями при проложении тропинок запаха. В соответствии с этим все содержимое парных мандибулярных (верхнечелюстных) желез у *R. badius* обеспечивает короткий сигнал, когда оно выпускается в воздух. Создается небольшая «активная зона», т. е. пространство, в котором концентрация феромона обеспечивает возможность начала реакции, с максимальным радиусом в пределах 6 см. Приблизительно через 35 сек. активная зона сокращается благодаря рассеиванию вещества и сигнал затухает. Таким образом колония *Rogonotermes* может быстро локализовать сигналы тревоги во времени и пространстве.

Утверждение о том, что вещество тревоги составляют относительно простые молекулы с небольшим молекулярным весом, было выдвинуто нами в 1962 г.

Несмотря на то, что классификация веществ тревоги только начата, три из них — цитраль, 2-гептанон и метилгептанон — уже найдены у нескольких видов общественных перепончатокрылых насекомых. Это открытие не удивительно, если учитывать простоту их молекулярной структуры. В настоящее время изучаются свойства ряда соединений, которые предположительно могут быть отнесены к веществам тревоги. Правильная оценка каждого такого вещества должна содержать доказательство того, что это вещество обладает достаточной летуче-



Рис. 2. Рабочая медоносная пчела, выделяющая феромоны-аттрактанты из железы Насанова. Такая сигнализация типична для случая, когда рабочая пчела находит новый источник пищи или присоединяется к пчелам из своего гнезда после периода изоляции (по Ренеру)

стью, а также, что насекомые могут вырабатывать его в своем организме.

По крайней мере некоторые феромоны выполняют функции защитного секрета. Так, Рост и Эйзнер сообщают, что цитронеллаль способствует проникновению муравьиной кислоты сквозь покров тела (кутикулу) враждебных членистоногих. Машвигтц отмечает, что сама муравьиная кислота, которая давно была известна как первичный защитный секрет у муравьев рода *Formica*, служит вторым феромоном тревоги у *Formica polystena* Foerster. Пинаны, особые вещества, выделяемые головными железами термитов-солдат (рода *Nasutitermes*), возможно, служат как для защиты, так и для передачи сигнала тревоги.

Вполне допустимо, что обе эти функции, которые требуются одновременно во время опасности, обслуживаются одними и теми же веществами. Однако все еще неясно, какая же из этих функций развилась раньше в процессе эволюции.

КАСТОВЫЕ ФЕРМОНЫ

Основываясь на ранних экспериментальных работах А. Л. Пиккенса (1932 г.), Е. М. Миллер и О. Ф. Лайт (1940 г.), М. Люшер и его сотрудники вскрыли картину удивительно сложного и точного феромонного касто-

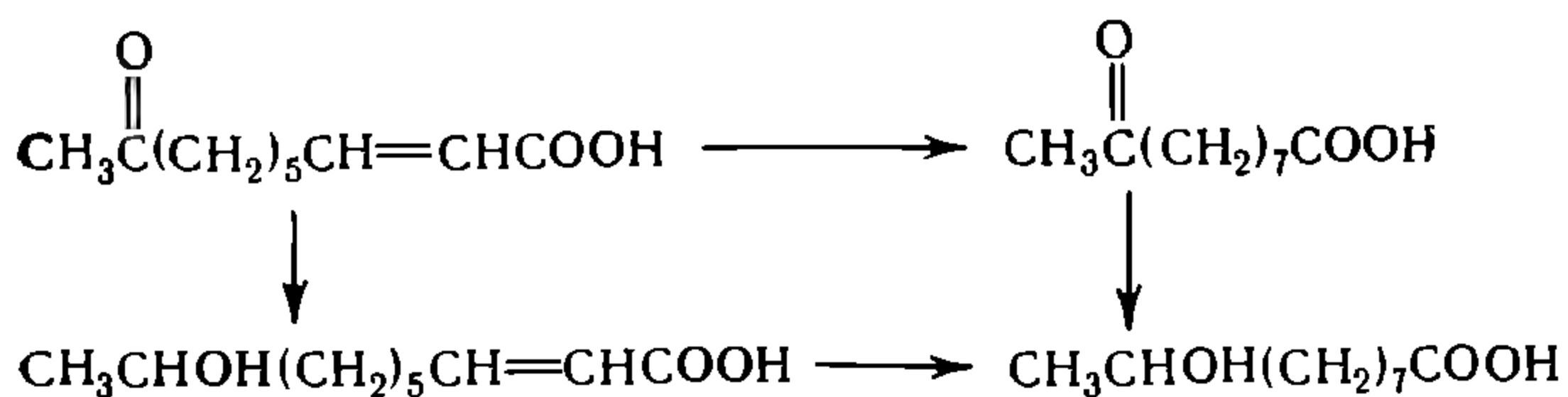


Рис. 3. Транс-9-кето-2-децениновая кислота и ее неактивные производные, продуцированные телом рабочей медоносной пчелы (по Джонстону и др.)

вого контроля у термитов. Часть полученных данных, касающихся специфичности выделяемых веществ, дана на рис. 3.

У вида *Kaloterme flavicollis* Fabr., который изучался Люшером, ведущей кастой являются псевдоэргаты, крупные личинкоподобные особи, которые у других общественных насекомых выполняют задачи рабочих и способны превращаться в солдат или в одну из двух воспроизводящих каст, как только перестают действовать тормозящие феромоны. Однако до настоящего времени феромоны, определяющие образование каст, остаются недостаточно исследованными.

Возможно, что типы кастового контроля у термитов в целом подвержены широкой изменчивости. Термиты родов *Zootermopsis* и *Kaloterme*, у которых существование феромонов было доказано, представляют собой примитивные роды. У высших термитообразных, филогенетически наиболее прогрессивной группы термитов, репродуцирующие особи могут быть получены только из нимф (личинок насекомых, имеющих неполное превращение). Существует истинная каста рабочих, у которой отсутствует сама возможность для кастовых изменений.

У других общественных насекомых этот процесс протекает следующим образом. Если пчелиную матку удалить из улья, пчелы-работницы реагируют на это очень быстро. В течение 30 мин. состояние организованной активности пчелиной семьи сменится состоянием неопределенного беспокойства. Через несколько часов пчелы начнут перестраивать одну или несколько выводковых ячеек в особые маточные ячейки, в которых должна быть выведена новая матка. Через несколько дней у некоторых рабочих пчел начнут развиваться яичники, что также связано с отсутствием феромона (так называемого «маточного вещества»), который выделяла матка. В настоящее время установлено, что в этом явлении участвует не менее двух тормозящих феромонов. Кроме того, особое внимание, оказываемое рабо-

чими пчелами матке, вызывается по крайней мере двумя добавочными привлекающими запахами.

Одним из тормозящих феромонов, имеющихся у матки медоносной пчелы, является транс-9-кето-2-децениновая кислота. Это вещество было описано в 1960 г. Бутлером, Каллоу и Джонстоном в Англии и, в то же время, Барбером и Лейдерером во Франции.

Оно производится полностью верхнечелюстными железами матки. Одного его запаха достаточно для того, чтобы задержать в какой-то мере как режим воспитания новой матки, так и развитие яичников у рабочих пчел. Оно действует совместно со вторым тормозящим запахом, производимым в части тела, лежащей вне мандибулярных желез. Будучи экспериментально введено в полость тела рабочей пчелы и, следовательно, минуя наружные хеморецепторы, оно продолжает задерживать развитие яичников у рабочих особей, но не влияет на режим выведения матки. Люшер и Уокер нашли, что железы внутренней секреции рабочей пчелы увеличиваются в размерах в течение нескольких дней, следующих за удалением матки из улья, и предположили, что тормозящие феромоны действуют путем подавления секреции «гонадотропного» гормона. Действуют ли феромоны на *Corpora allata* непосредственно или косвенно, через центральную нервную систему, остается неясным.

Как же может нормальная колония воспитывать новых маток в присутствии «грозной» матки? Решение было получено Бутлером. В ходе экспериментов он сначала исключил гипотезу, что привлекательность «маточного вещества» сильнее воспринимается рабочими пчелами перед роем, чем рабочими из нероящихся семей. Затем он определил, что количество «маточного вещества» у матки из роящейся семьи составляет около $\frac{1}{4}$ вещества, имеющегося у маток из нероящихся семей.

Сходные, действующие задерживающим образом феромоны недавно были обнаружены в голове матки муравья рода *Myrmica*. Таким образом доказано, что каждая из наиболее развитых групп общественных насекомых — термиты, медоносные пчелы, муравьи — выработала маточный феромональный контроль.

В группах с менее четкими кастовыми различиями способы контроля более прямые

и несовершенны. У некоторых ос рода *Polistes* и некоторых шмелей рода *Bombus* матка мало отличается по своему виду от других взрослых самок семьи. Она господствует над ними с помощью угрожающего поведения, и к тому же, видимо, имеет отличительный запах, распознаваемый ее «подчиненными». У очень примитивных общественных *Lasioglossum zephyrum* Smith превосходство в воспроизводстве достигается в какой-то мере самками, которые удаляют яйца своих соперниц из выводных камер и подменяют их своими.

Эволюция регуляции размножения общественных насекомых может быть истолкована как переход от прямого соперничества между самками, использующими распознавательные запахи, к косвенному контролю посредством направленного поведения рабочих и азбуки феромонов.

РОСТ ИНФОРМАЦИИ

Действие феромона не сводится к простому «включению» и «выключению» той или иной функции. Эти химические вещества-сигнализаторы способны нести значительно больший объем информации. Примером этого может послужить образование «тропы запаха» огненными муравьями (*Solenopsis saevissima*). Когда рабочие муравьи находят новый источник пищи или лучшее место для гнезда, они бегут в направлении старого гнезда, оставляя за собой след из мельчайших частиц секрета железы Дюфура.

Этот секрет, представляющий собой летучий аттрактант, распространяясь в неподвижном воздухе, образует полуэллипсоидальное активное пространство, своеобразный «коридор», радиус которого достигает 1 см. Это активное пространство существует примерно 100 сек. (в том случае, когда след проложен по неадсорбирующей поверхности). И если мобилизованные муравьи-рабочие могут удержаться в этом пространстве достаточно долго, они успешно приходят к цели.

Продолжительность действия химического сигнала, по-видимому, могла изменяться в процессе эволюции. В некоторых случаях насекомые заглатывают феромоны, и тогда время активного действия этих веществ сокращается под влиянием пищеварительных соков. Это явление недавно было изучено Джонстоном, Лоу и Уивер в отношении транс-9-кето-2-децениновой (каприновой) кислоты. Исследователи вводили в пищу ра-

бочих пчел феромоны, меченные радиоактивными изотопами. Результаты экспериментов показали, что в течение 72 час. более чем 95% этих феромонов было превращено в неактивные вещества, состоящие в основном из 9-кетодеканоиновой кислоты, 9-гидроксидеканоиновой кислоты и 9-гидрокси-2-децениновой кислоты.

На основе этого авторы предположили существование «феромонового цикла». Неактивные молекулы в дальнейшем, по-видимому, могут попадать обратно к матке как часть отрыгнутой пчелами железистой маточной пищи. В этом случае матка могла бы восстанавливать их активность в ходе очень простого ферментативного процесса, сэкономив таким образом большое количество энергии. Следует отметить, что матка располагает лишь немногим более ста микрограммами кетодецениновой кислоты одновременно. И это количество она должна расходовать из расчета 0,1 микрограмма в день на каждую работницу семьи, чтобы подавить воспитание новых маток.

Итак, корректировка времени затухания химического сигнала и геометрический характер активного пространства — это два направления, по которым информация в системе химической связи может быть увеличена.

Третье приспособление, найденное у общественных насекомых, заключается в использовании смеси веществ с более чем одним «значением». Так, в голове матки медоносной пчелы было найдено не менее 32 различных веществ, включая метил-9-кетодеканоат, метил-9-кето-2-деканат, ноиноновую (и пеларгоновую) кислоту, декаиноновую (каприновую) кислоту, — 2-децениновую кислоту, 9-кетодеканоиноновую кислоту, 9-гидрокси-2-деценииноновую кислоту, 10-гидрокси-2-деценииноновую кислоту, 9-кето-2-деценииноновую кислоту и др. Большинство из них, если не все, присутствует в секрете мандибулярной железы. Биологическое значение большинства этих продуктов неизвестно. Некоторые из них, несомненно, являются предшественниками феромонов. Но по крайней мере два из них могут быть охарактеризованы как феромоны противоположного действия. Это 9-кетодецениноновая кислота, тормозящий феромон, о котором мы уже упоминали, и 9-гидроксидецениноновая кислота, вызывающая скупивание пчел в рое.

Четвертым приспособлением, обнаруженным у общественных насекомых для усиления информации в системе химической свя-

зи, является множественность значений одного и того же феромона при разных ситуациях. Транс-9-кето-2-децениновая кислота служит и как кастовый тормозящий феромон внутри гнезда, и как основной летучий половой аттрактант во время свадебного полета. Секретия железы Дюфура у огненного муравья *Solenopsis saevissima* служит аттрактантом, влияющим на членов всех каст в течение почти всей жизни насекомого во взрослом состоянии. При разных обстоятельствах его действие проявляется различно: как призыв рабочих к новым источникам пищи, организация переселения колонии, а в комплексе с секретией головных желез он вызывает поведение тревоги.

Пятым вариантом усиления информации служат различия в реакции насекомых на разные концентрации вещества и разную продолжительность их действия. Для муравьев-рабочих *Pogonomyrmex badius* низкие концентрации секрета мандибулярных желез служат привлекающим фактором, а на повышенные концентрации они отвечают типичным агрессивным поведением тревоги. Подвергнутые же действию высокой концентрации этих веществ в течение более чем одной-двух минут, многие особи переходят от реакции тревоги к реакции копания (рытья). Эта роющая деятельность направлена к источнику выделяемого вещества, благодаря чему муравьи оказывают помощь попавшим в беду особям своего гнезда.

В шестом видоизменении феромоны приобретают дополнительное или даже множественное значение, когда они представлены в комплексе. Будучи выделена поблизости от рабочих огненного муравья, секретия головных и Дюфуровой желез вызывает, соответственно, поведение неопределенной тревоги и привлечения. Когда оба секрета выделяются одновременно очень возбужденным рабочим, они вызывают ориентированное поведение тревоги.

Работницы медоносной пчелы после близкого контакта с матками в течение длительного времени приобретают ее запахи, которые, очевидно, вместе с их собственным рабочим опознавательным запахом, служат причиной нападения на них других особей-работниц. Самцы муравья *Lasius neoniger* еще до выделения большей части содержимого своих мандибулярных желез во время свадебного полета, почти наверняка как сигнал «воздушного ухаживания». Железы содержат 2,6-диметил-5-гептен-1-ол, цит-

ронеллол, гераниол и несколько других простых компонентов. Два вида муравьев *Lasius* и один вид, родственный роду *Acanthomyops*, которые были до сих пор изучены, имеют в мандибулярных железах много общих компонентов, но, может быть, в процессе эволюционного разрешения проблемы половой изоляции соотношение химических компонентов в секрете желез этих трех видов стало неодинаковым.

БОЛЬШОЙ ПРОБЕЛ В ИЗУЧЕНИИ ФЕРОМОНОВ

Представленные здесь данные могут показаться ограниченными. Собственно говоря, так оно и должно быть вследствие громадных различий, существующих между общественными насекомыми. Однако нужно учесть, что эта ограниченность — результат пробела в наших знаниях, пробела, который пока недооценивается. Как уже говорилось, изученные до сих пор феромоны (обонятельные и вкусовые) было относительно легко выделять и исследовать. Однако существует еще одна категория веществ, определить которые оказалось гораздо труднее. Это вещество можно назвать «поверхностными феромонами». Они адсорбируются на поверхности тела, либо образуют чрезвычайно малоактивные пространства в воздухе, которые могут быть распознаны только путем контактной хеморецепции.

В частности, именно они вызывают характерные запахи колонии (в том числе — запахи вида), кастовые опознавательные запахи, возбуждают поведение прихорашивания и, по крайней мере у некоторых общественных насекомых, — секретию, которая заставляет обмениваться пищей. Они очень важны для общественной организации, но, тем не менее, их крайне трудно изучить вследствие того, что их действие в природе обычно сложно переплетается с действием других веществ. Изолированные от других запахов или замаскированные чужеродными веществами, они уже не вызывают приспособительных реакций у насекомых.

В настоящее время мы не обладаем точными сведениями об их химическом строении, так как еще не освоена соответствующая техника экстрагирования феромонов. Однако можно полагать, что в дальнейшем будут изучены и эти вещества.

Перевод К. М. Роговой
«Science», 1965, сентябрь

УДК 591.58

БАЙКАЛЬСКИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ И ЛУННО-СОЛНЕЧНЫЕ ПРИЛИВЫ

В. В. Л а м а к и н

Землетрясение — одно из самых грозных явлений природы, причиняющее большие бедствия человечеству. Их изучением занимаются специалисты разных направлений, и каждое новое исследование вносит свою крупицу в раскрытие тайн, связанных с сейсмикой. Интересно, в частности, рассмотрение землетрясений как явления геологического, зависящего от тектонических движений земной коры и общепланетарных условий. Мы печатаем в дискуссионном порядке статью о периодичности байкальских землетрясений, предполагаемой связи ее с лунно-солнечными приливами и местными геологическими особенностями Байкальской впадины.

За последние полтора года в Байкальской впадине произошло двадцать три сильных землетрясения. Сила их проявления на земной поверхности оценивается от 6 до 10 баллов (по 12-балльной шкале). По интенсивности они относятся к первым трем группам классификационной схемы. Довольно точно определены и эпицентры этих землетрясений, т. е. места на поверхности земли, непосредственно под которыми на некоторой глубине расположены очаги сейсмических толчков (см. схему на стр. 25).

Чем глубже находится очаг землетрясения, тем слабее при прочих равных условиях оно сказывается на поверхности. Поэтому весьма важно классифицировать землетрясения по интенсивности (по магнитуде), в определениях которой учитываются глубины расположения очагов.

Очаги байкальских землетрясений, по-видимому, большей частью возникают на глубинах 15—20 км, т. е. в пределах земной коры. В этом случае землетрясения II группы, с магнитудой от $6\frac{1}{2}$ до $7\frac{1}{2}$, обладают на поверхности близ эпицентра силой в 8—9 баллов. Они приводят к повреждению построек, иногда ломают деревья, вызывают появление трещин в земле, по которым местами выступает вода. Разрушения охватывают обширные площади. Самое сильное из байкальских землетрясений, Цаганское, которое привело в самом конце 1861 г. к образованию большого залива Провал, занимает промежуточное

положение между I и II группами. При таких землетрясениях заметно изменяется рельеф земной поверхности, происходят разломы с большими смещениями соседних участков, разрушается большинство каменных построек в населенных местах. В то же время землетрясения III группы с магнитудой свыше 5 и до $6\frac{1}{2}$ характеризуются силой от 6 до 8 баллов. Они причиняют меньшие разрушения на сравнительно небольших площадях. В отличие от первых трех групп землетрясения двух последних, IV и V, групп не считаются разрушительными.

ИЗ ПРОШЛОГО И НАСТОЯЩЕГО

Первое из байкальских землетрясений, о котором существуют довольно определенные сведения, — это Шимкинское, силой 8—9 баллов, произошедшее 3 сентября (нов. ст.) 1814 г. у подножья Хамар-Дабана, близ селения Шимки, на южной стороне Тункинской долины, составляющей продолжение к западу котловины Байкала. В Шимках оно повалило все печные трубы. Рядом с селением треснула земля и из трещин выбрасывались сначала камни и песок, потом била вода, после чего трещина сделалась едва заметной.

Следующее землетрясение силой 6—7 баллов случилось 7 марта 1820 г. на северной стороне той же долины, близ подножья Тункинских гольцов. Его очаг находился в районе селений Талая и Уляборы, где есть небольшие вулканы, действовавшие в то время, когда здесь жили люди каменного

века. Это землетрясение сильно сказалось и на другой стороне долины, в Туране, где в реку Иркут обвалился горный берег, задержав на несколько минут течение воды.

Ровно через девять лет, в марте 1829 г., снова у подножья Хамар-Дабана, на южной стороне Тункинской долины, произошло землетрясение приблизительно той же силы. Довольно сильное землетрясение 1839 г. было также приурочено к Тункинской долине¹. 31 декабря 1861 г. (ст. ст.) в Селенгинской дельте, на восточной стороне Байкала, произошло Цаганское землетрясение (9—10 баллов). Образовавшийся при этом обширный залив озера получил название Провал. Его глубина сразу же достигла 3 м. Под водой внезапно исчезла Цаганская степь с бурятскими улусами. Жителям удалось спастись, но скот весь погиб. Залив Провал медленно углублялся и впоследствии. Теперь его глубина 3—5 м, несмотря на быстрое накопление наносов. Цаганское землетрясение повредило много каменных зданий в Иркутске. Оно привлекло к себе большое внимание и послужило толчком к систематическому изучению сейсмических явлений во всей России.

В дальнейшем описания сильных землетрясений на всем протяжении Байкальской впадины велись более точно. Два из них выделяются по своей силе (9 баллов). Мондинское землетрясение произошло 4 апреля 1950 г. Очаг его находился в западной оконечности Тункинской долины, на левом берегу Иркуты, у подножья Тункинских гольцов. В земле образовались крупные трещины. В поселке разрушились многие дома, в горах обвалились скалы. А 29 августа 1959 г. случилось Средне-Байкальское землетрясение, очаг которого находился под Байкалом, в 12—15 км от юго-восточного берега, напротив пади Стволовой. Оно причинило много разрушений в соседних селениях. Даже в Иркутске, где его сила определялась от 5 до 7 баллов, пострадало немало зданий.

Внимательное изучение байкальских землетрясений показывает, что они происходили (в одиночку или группами) периодически через промежутки от 7 до 10 лет². После

¹ Более точных сведений о местонахождении очага этого землетрясения нет.

² В подсчет продолжительности таких периодов вошли только байкальские землетрясения, с которыми нельзя смешивать землетрясения, произошедшие в других геологических областях, далеко от Байкальской впадины, т. е. на Сибирской платформе, в Становом нагорье, в Восточных Саянах Забайкалье и т. д.

землетрясения 1814 г. до настоящего времени насчитывается 17 периодов (см. схему на стр. 28—29).

Надо сказать, что 4 антракта между землетрясениями значительно затягивались, но ровно в 2 или ровно в 3 раза против обычных. Иными словами, затянувшиеся антракты содержали в себе два или три целых обычных периода. Это позволяет предположить, что некоторые условия, повторяющиеся с правильной периодичностью, не всегда влекли за собой сильные землетрясения.

Может быть, в такие моменты учащались слабые землетрясения, но они, к сожалению, совсем еще не изучены с точки зрения периодичности. С другой стороны, можно думать, что пропуски землетрясениями благоприятных сроков зависят от запаздывания в подготовке необходимых геологических условий.

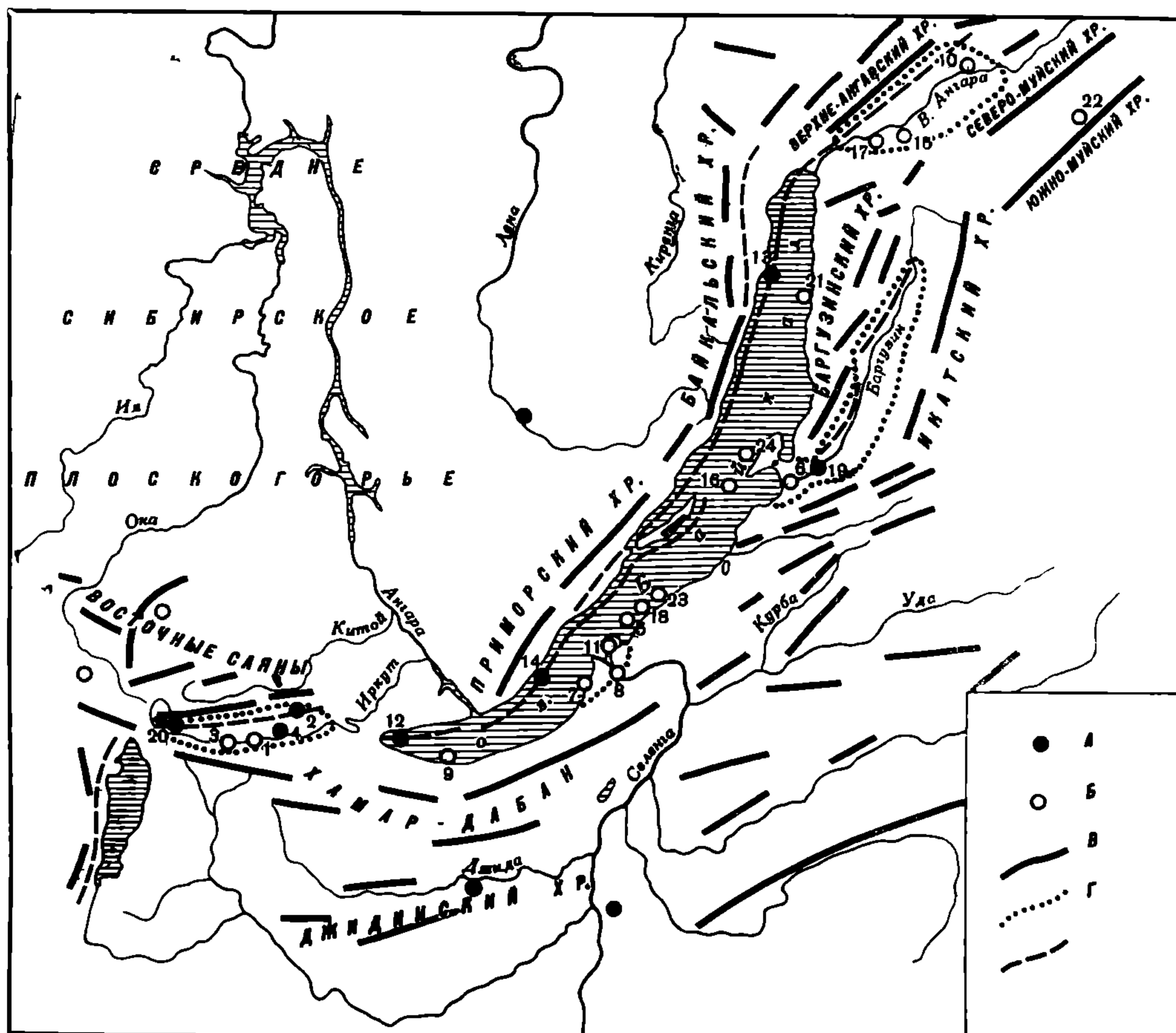
В другие периоды происходило по несколько сильных землетрясений. Периоды усиленной сейсмической деятельности растягивались при этом до 2 и даже 3 лет, но не более.

СЕЙСМИЧЕСКОЕ СВОЕОБРАЗИЕ

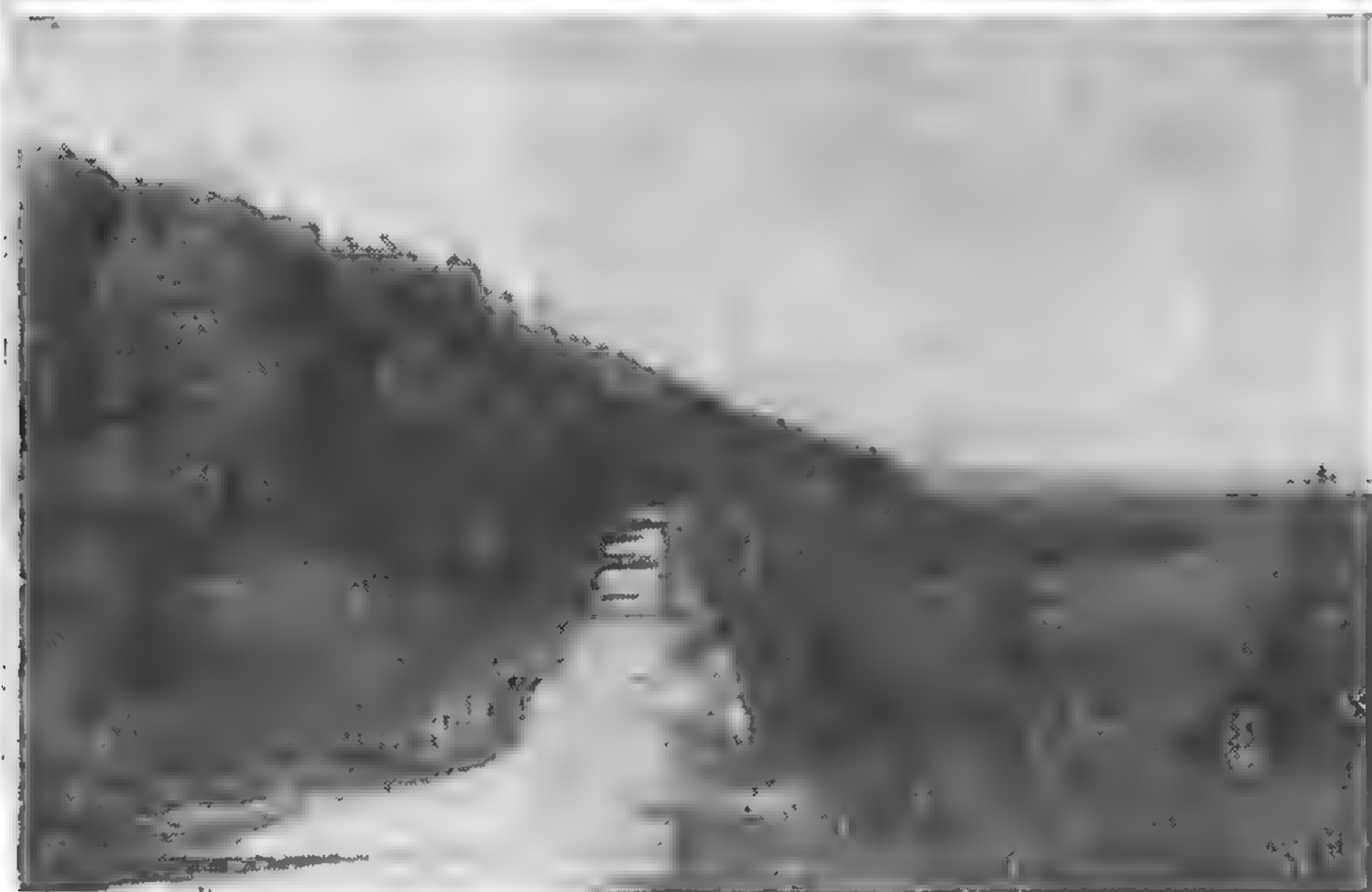
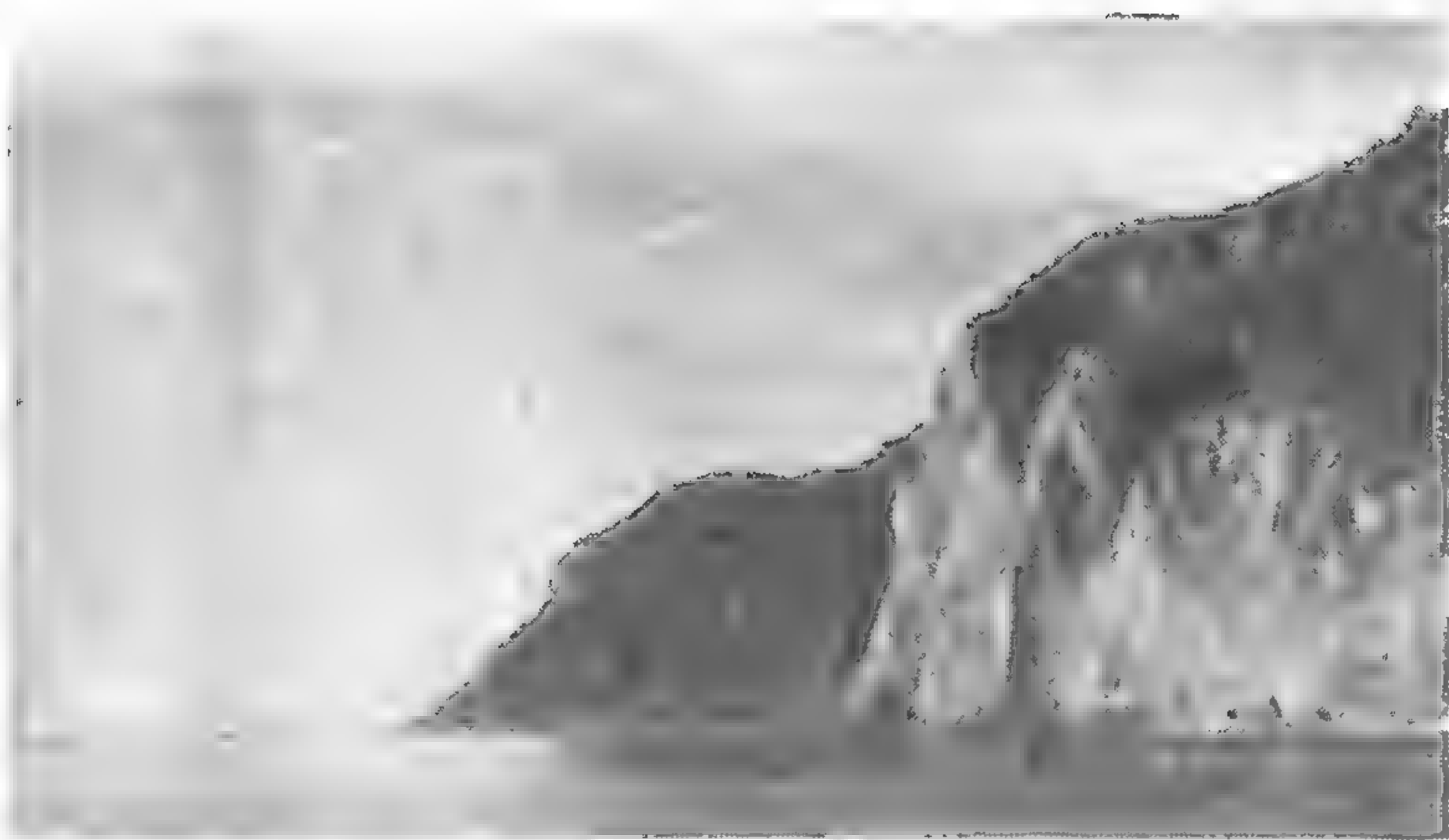
Байкальские землетрясения необыкновенно своеобразны в своей зависимости от геологических условий. Все они без исключения возникают внутри Байкальской впадины, прямо под ее дном или под ее бортами. Это — одна из многих своеобразных черт байкальской природы, обратившая на себя внимание еще первых исследователей Сибири в XVIII в. Ни один эпицентр сильных землетрясений не выступает из впадины на окаймляющие ее соседние хребты (Байкальский, Приморский, Тункинский, Хамар-Дабан, Баргузинский, Икатский, Верхне-Ангарский), которые образовались как тектонические противоположения, в зависимости от глубокого опускания впадины.

В окружающей местности землетрясения в общем происходят реже и в значительном удалении от Байкальской впадины, где они связаны с другими геологическими условиями. Из таких землетрясений ближайшие к Байкальской впадине следующие: Верхотенское 1910 г. на платформе в 140 км от берега Байкала; другое — в Южно-Муйском хребте, входящем в систему Станового нагорья, в 80 км от Верхне-Ангарской впадины, случившееся в 1958 г., и три землетрясения в Восточных Саянах на расстоянии от 20 до 120 км от Тункинской долины.

Исключительное расположение очагов сильных землетрясений внутри Байкальской впадины, по-видимому, обусловлено тем, что участвующие в ее образовании разломы земной коры либо вертикальны, либо наклонены от бортов к осевой полосе этой структуры.



Эпицентры сильных землетрясений в Байкальской впадине и окружающей области: А — эпицентры землетрясений, происходивших при высоких наклонах лунной орбиты; Б — эпицентры землетрясений при низких наклонах лунной орбиты; В — горные гребни; Г — низменности на берегу Байкала и межгорные долины, входящие в состав Байкальской впадины; Д — Обручевский сброс. Сильные байкальские землетрясения (даты по нов. ст.): 1—1814 г., 3/IX (8—9 баллов, II группа интенсивности), эпицентр — Тункинская долина, близ села Шимки у подножья Хамар-Дабана; 2—1820, 7/III (III гр.), Тункинская долина, севернее села Тунка, близ подножья Тункинских гольцов; 3 — 1829, 8/III (III гр.), Тункинская долина, в районе Турана и Шимков, у подножья Хамар-Дабана; 4—1839, 18/VIII (III гр.) Тункинская долина, эпицентр точнее не определен; 5—1862, 12/1 (9—10 б., I—II гр.), Цаганское землетрясение. Залив Провал; 6—1869, 1/XI (7 б., III гр.), Усть-Баргузин; 7—1871, 4/III (7—8 б., III гр.); Большой сор на берегу Селенгинской низменности; 8—1885, 12/1 (7 б., III гр.), Юго-восточный берег Байкала, Кабанск-Баргузин; 9—1902, 12/IV (7 б., III гр.), Южный берег Байкала на участке устьев рек Снежной и Мурина; 10—1902, 17/VIII (8 б., III гр.), Верхне-Ангарская долина, р. Чурокан; 11—1903, 26/XI (6—7 б., III гр.), Селенгинская дельта; 12—1912, 22/V (7 б., III гр.) Култук; 13—1931, 6/VIII (6 б., III гр.), на севере Байкала, мыс Котельниковский; 14—1934, 24/IV (III гр.), Байкал близ Песчаной губы; 15—1937, 25/XII (III гр.), Верхне-Ангарская долина, западнее Верхне-Ангарска; 16—1939, 26/V (III гр.), Байкал, у Святого Носа; 17—1940, 23/IX (III гр.), Верхне-Ангарская долина, западнее Верхне-Ангарска; 18—1941, 1/VII (III гр.), Юго-восточный берег Байкала, близ поселка Энхалук; 19—1949, 6/V (7 б., III гр.), Баргузинская долина, близ села Баргузина; 20—1950, 4/IV (9 б., II гр.), Мондинское землетрясение. Подножье Тункинских гольцов у селения Монды в Тункинской долине; 21—1954, 5/X (III гр.), среди Байкала у восточного берега, близ реки Езовки; [22] — 1958, 3/1 (III гр.), Южно-Муйский хр. в Становом нагорье; 23—1959, 29/VIII (9 б., II гр.), Средне-Байкальское землетрясение, у юго-восточного берега, напротив пади Стволовой; 24—1962, 13/VIII (5 б., III гр.), среди Байкала, у Святого Носа



Обручевский сброс, образующий восточный берег Ольхона к югу от губы Узур (*вверху*). Северный берег залива Провал, возникшего во время Цаганского землетрясения зимой 1861—1862 гг. Опускание берега происходит и в настоящее время (*в середине*). Южный берег Байкала к западу от устья Мурина в районе эпицентра землетрясения 12 апреля 1902 г. (*внизу*)

По расположению сейсмических очагов Байкальская впадина резко отличается от всех других тектонических впадин Европейско-Азиатского континента, где очаги землетрясений приурочены в основном не ко впадинам, а к соседним горам. По сейсмике с Байкальской впадиной можно отчасти сравнить только глубокие провалы земной коры, в которых находятся Великие Африканские озера.

СВЯЗЬ С ГЕОЛОГИЕЙ

Байкальская впадина создана грандиозным раздвижением и провалом земной коры приблизительно на границе между архейской платформой и менее древней зоной складчатости нижнепалеозойского возраста. Раздвижение направлено к северо-западу, вследствие чего впадина резко асимметрична. Ее северо-западный борт на протяжении 1500 км от Косогола до Верхней Ангары образован гигантским Главным Байкальским, или Обручевским сбросом, а противоположный — плавным прогибом, который только местами осложняется сравнительно небольшими сбросами. Размах Обручевского сброса велик: вертикальная составляющая тектонического смещения достигает 2500 м. Ответвление сброса проходит и в Баргузинскую долину по подножью одноименного хребта (см. схемы на стр. 25 и 30).

Раздвижение земной коры в одних местах сильнее, в других — слабее и это нередко вызывает горизонтальные сдвиги одних участков относительно других. Существуют сдвиги поперечного и продольного направлений относительно впадины, лучше других известен Южно-Байкальский. Вдоль него по разлому в западном направлении относительно дна озера смещается Хамар-Дабан. Размах сдвига достигает 10 км близ юго-западной оконечности озера, известной под названием Култук. Южно-Байкальский разлом со сдвигом и вертикальными сбросами озерной котловины сильно разрывает (вдоль простирания) тектонический перегиб, образующий юго-восточный борт Байкальской впадины и подножье Хамар-Дабана.

На первый взгляд парадоксально, что из двадцати трех разрушительных байкальских землетрясений только семь связано с мощным Обручевским сбросом, а остальные возникли на сравнительно спокойной противоположной стороне впадины или в ее осевой широкой полосе. Этот парадокс объясняется тем, что вдоль прогиба происходит большин-

ство горизонтальных сдвигов, а их размах гораздо большее размаха вертикальных сбросов. Сдвиги, по-видимому, и вызывают большинство сильных землетрясений в Байкальской впадине.

С Южно-Байкальским сдвигом связано 7-балльное землетрясение 12 апреля 1902 г. Его эпицентр находился в районе впадения в Байкал рек Снежной и Мурина. В полосе продольных Байкальских сдвигов находятся эпицентры землетрясений близ Энхалука 1 июля 1941 г. и Средне-Байкальского 29 августа 1959 г., а также землетрясения в проливе между полуостровом Святой Нос и Ушканьими островами 13 августа 1962 г. Землетрясение 1939 г. связано с Поперечно-Байкальским сдвигом.

Особенно большой сейсмичностью отличается район устья Селенги, дельта которой расположена в поперечном горизонтальном раздвиге юго-восточного борта впадины. Здесь известны очаги четырех разрушительных землетрясений, из которых Цаганское было сильнейшим.

Наибольшая глубина Байкала равна 1620 м. Глубина же впадины до коренного ложа из кристаллических пород, покрытых осадками, достигает в Усть-Селенгинской низменности 5—6 тыс. м (если считать от уровня Сибирской платформы). Однако в других местах она значительно меньше — до 2,5 км. Известно, что Байкал возник в середине третичного периода, т. е. приблизительно 25 млн. лет назад. С тех пор он становился все глубже и глубже. Скорость опускания впадины составляет в среднем 0,1—0,2 мм в год. Горизонтальные же смещения по сдвигам происходят в среднем со скоростью 0,6 мм в год.

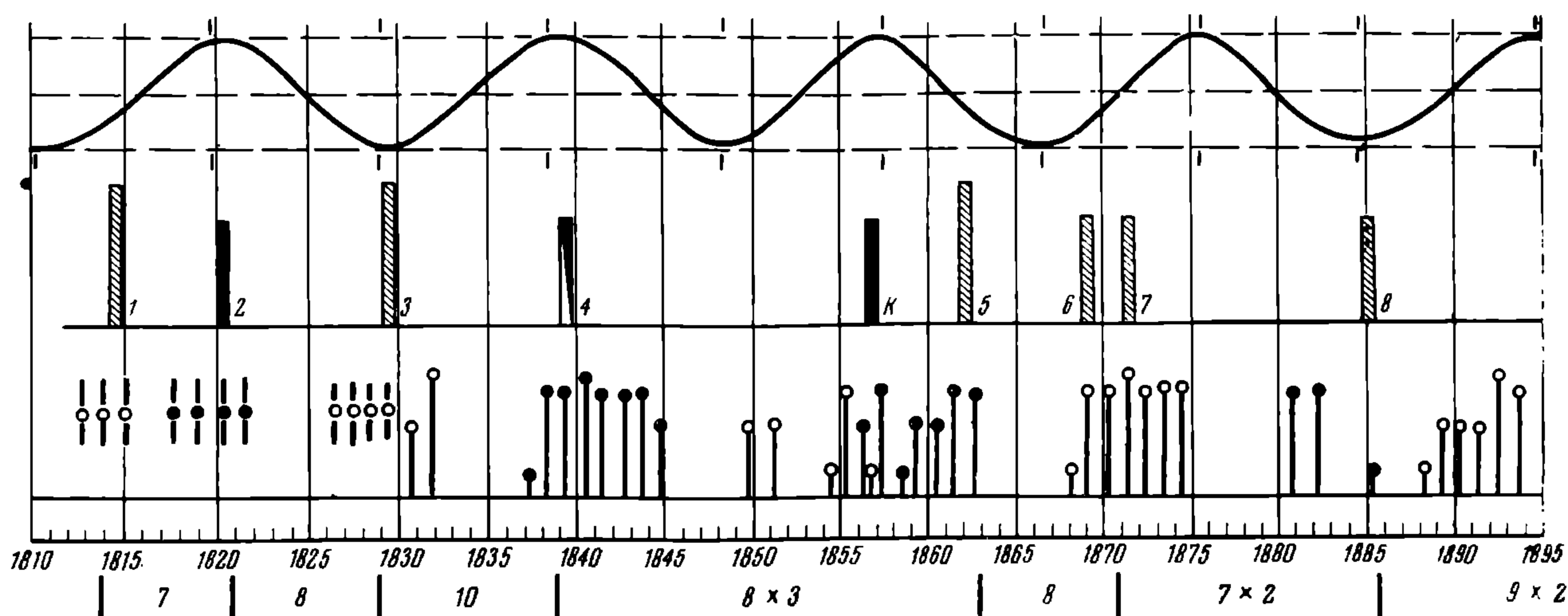
В четвертичном периоде скорости тектонических движений возросли. По вертикальным составляющим они увеличились в среднем до 1 мм в год, а по горизонтальным — до 2 мм в год. Обычно движения происходят медленно, отличаясь неравномерностью. Они сильнее сказываются то в одном, то в другом месте и превращаются порой в резкие рывки, которые вызывают землетрясения.

УДИВИТЕЛЬНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ

Подмечено, что периоды землетрясений по Обручевскому сбросу строго чередуются с периодами сейсмической активности в осевой полосе Байкальской впадины и вдоль ее юго-восточного борта (т. е. в полосе тектонического прогиба со сдвигами и Усть-Селенгинским раздвигом). Интересно, что все без исключения «сбросовые» землетрясения приурочены к периодам высокого склонения Луны в кульминациях (в местном меридиане), а «сдвиговые» — к периодам низкого склонения Луны (см. схемы на стр. 25, 28—29).



Река Мурин, пересекающая подножье Хамар-Дабана (вверху). Восточный берег Байкала у Езовки, где 5 октября 1954 г. произошло сильное землетрясение (в середине). Утес Белый Камень на юго-восточном берегу Байкала, рядом с падью Стволовой, близ эпицентра землетрясения, произошедшего по озером 29 августа 1959 г. (внизу)



Землетрясения:

I-II групп
M = 6 1/2 - 7 1/2 и более
(8-10 баллов)

III группы
M = 5 - 6 1/2
(6-8 баллов)

Эпицентры на сев.-
зап. стороне Байкаль-
ской впадины по
Обручевскому сбросу
и на платформе

Эпицентры в осевой
полосе и на юго-вост.
стороне Байкальской
впадины

Эпицентр
точно не
определен

Байкальские землетрясения: 1-24. Землетрясения в соседней полосе платформы: Киренское - К; Верхоянское - В-л. Под линейкой лет показана продолжительность периодов землетрясений в годах.

Соотношения во времени байкальских землетрясений и периодических неравенств приливообразующих сил

Наш естественный спутник обращается вокруг Земли по орбите, наклоны которой относительно земного экватора периодически изменяются в пределах от $18^{\circ}10'$ до $28^{\circ}40'$. Плоскость лунной орбиты наклонена к плоскости орбиты Земли (эклиптике) на $5^{\circ}15'$, а узлы лунной орбиты (точки ее пересечения с эклиптикой) смещаются, совершая полный оборот в 18,6 лет, что и вызывает изменение наклона лунной орбиты к плоскости земного экватора.

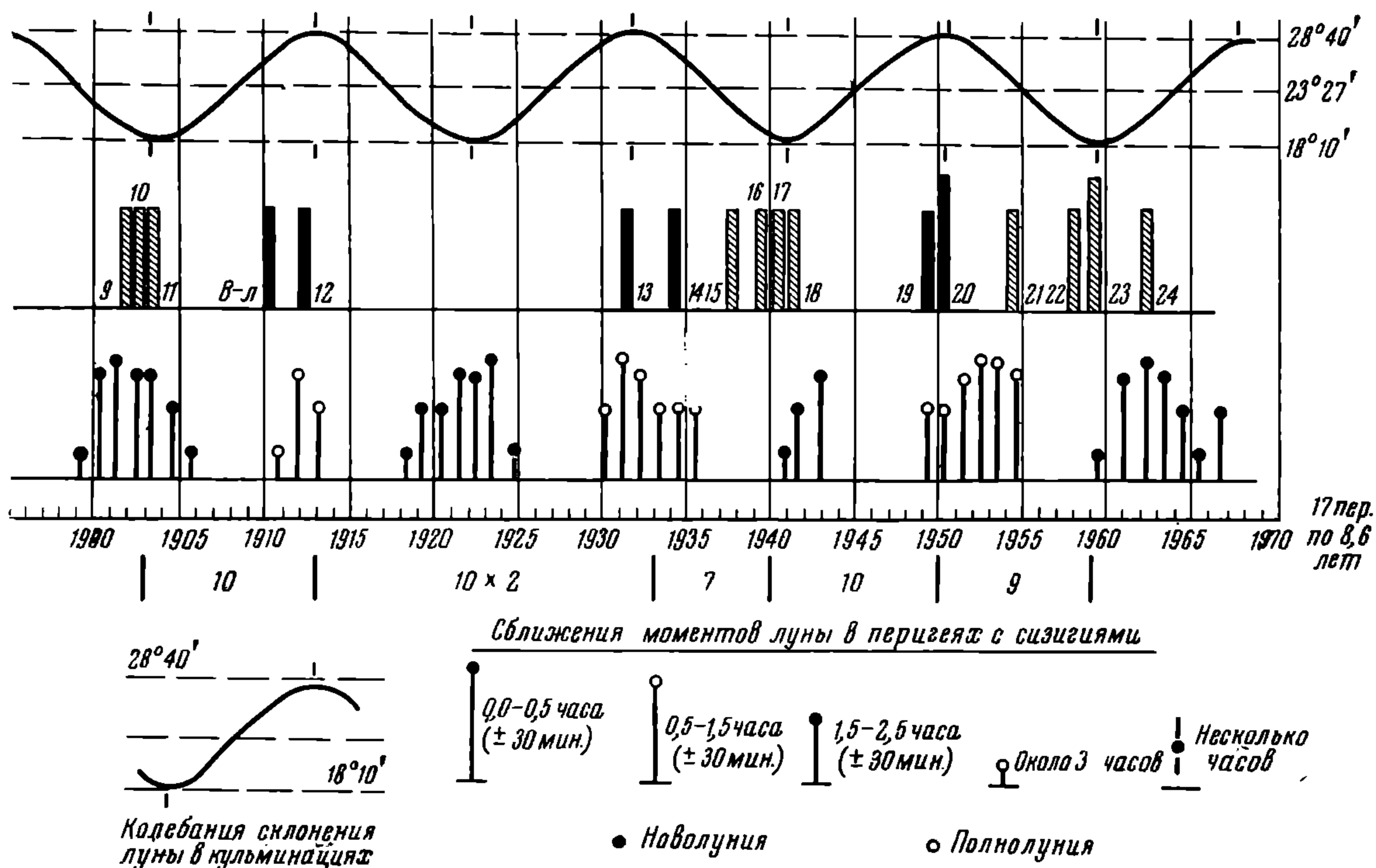
Периоды высокого склонения отделены от периодов низкого склонения промежутками в 9,3 года. Им в общем и соответствуют промежутки, разделяющие периоды землетрясений двух геологических рядов в Байкальской впадине. Полные же периоды изменений склонения Луны, по 18,6 лет каждый, приблизительно равны периодам землетрясений одного и того же ряда, т. е. «сбросовых» и «сдвиговых».

Какое отношение могут иметь склонения Луны к возникновению землетрясений?

По-видимому, причина периодичности байкальских землетрясений кроется в приливах, которые вызываются в Земле притяжением Луны и Солнца. На это указывает совпадение в течение 150 лет периодичности байкальских землетрясений с нутационными неравенствами приливов, зависящими от изменений положения лунной орбиты, которые происходят с периодом в 18,6 лет.

Приливы существуют не только в океанах и морях, но и в твердом упругом теле Земли, где их амплитуда гораздо меньше, но все же в течение полусуток достигает 30—50 см. Такой прилив сказывается в наклонах земной поверхности, превышающих $0,02''$ дуги. Под его влиянием земная кора становится легче и сила тяжести может изменяться на 0,1—0,2 миллигала.

Приливные волны идут против вращения земного шара, т. е. с востока на запад, и, несмотря на малую величину, непрерывно расплывают земную кору. Приливное расплывание особенно сильно сказывается в



местах с неоднородным геологическим строением.

Известно, что напряжения в земной коре, создаваемые приливами, более чем в сто раз слабее тех, которые сами по себе могли бы вызывать землетрясения. Поэтому в областях, тектонически устойчивых, например на Русской равнине, землетрясений почти не бывает. Однако там, где земная кора выведена из равновесия, приливные волны могут способствовать возникновению тектонических смещений, разрывов, а следовательно, и сейсмических толчков. Приливы служат дополнительными или так называемыми «спусковыми» силами в происхождении землетрясений.

Приливообразующая сила Луны в 2,17 раза больше, чем Солнца, так как эта сила обратно пропорциональна кубу расстояния между притягивающими телами (Солнце хотя и отличается огромной массой, но находится в 400 раз дальше от нас, чем Луна). Приливная волна поднимается на той стороне вращающейся Земли, которая в данный момент обращена к Луне, и одновременно на про-

тивоположной стороне земного шара, где поверхность отстаёт от притяжения Луной внутриземной массы. Приливные волны чередуются с отливом в виде прогибания Земли. Между приливными воздыманиями и отливными прогибаниями напряжения в земной коре становятся горизонтальными с направлением в сторону прилива.

Как общее правило, два раза в сутки в одном и том же месте происходит прилив и два раза в сутки — отлив. Вследствие того, что одновременно с вращением Земли в ту же сторону движется и Луна, совершая месячный круг вокруг Земли, приливы разделены между собой не ровно полусутками, а несколько большими интервалами (12 ч. 25 м.).

Два ежесуточных прилива в одном и том же месте не бывают равны вследствие наклона лунной орбиты относительно земного экватора. При вращении Земли расстояния каждой географической точки от приливных воздыманий изменяются в зависимости от того, обращена ли эта точка прямо к Луне или она повернута к противоположной стороне неба. Поэтому один прилив больше другого. Такое неравенство приливов называется суточным. Степень неравенства различна на разной географической широте. Кроме того, суточное неравенство увеличивается и уменьшается периодически в одном и том же месте под влиянием колебаний наклонов лунной орбиты (нутационное неравенство).

Наибольшей силой приливы отличаются в си-

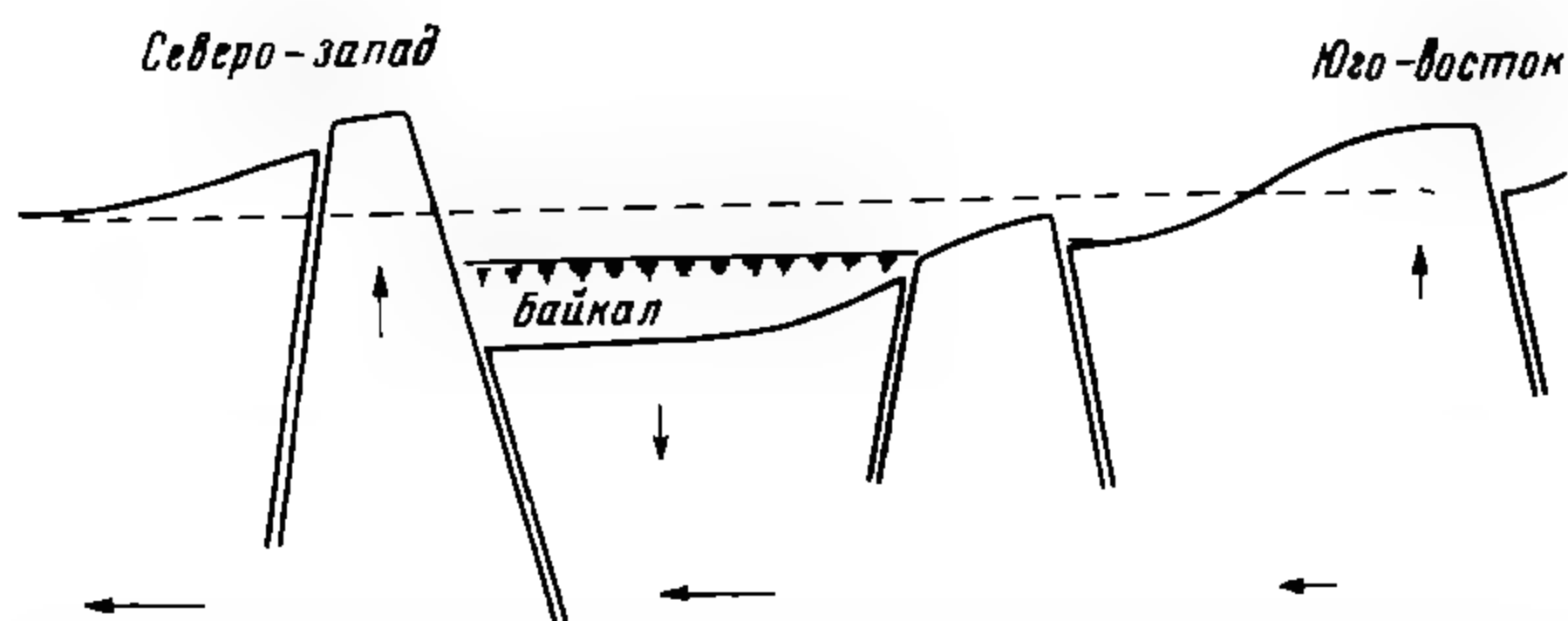


Схема строения Байкальской впадины; стрелки показывают направления и относительный размах тектонических движений

зигии, т. е. в новолуния и полнолуния, когда Земля, Луна и Солнце расположены на одной линии, что бывает два раза в месяц. В это время приливообразующие силы Луны и Солнца действуют согласно. В квадратуры, т. е. в первую и последнюю четверти Луны, она и Солнце находятся под прямым углом относительно Земли. В это время их приливообразующие силы мешают друг другу. Сизигийные приливы примерно в 2,5 раза больше квадратурных. Это неравенство называется месячным.

Существует еще параллактическое неравенство, обусловленное эксцентриситетом лунной орбиты. В перигее Луна отстоит от Земли на 356 656 км, а в апогее удаляется до 407 110 км. Из-за этого приливообразующая сила Луны в перигеях на 40% больше, чем в апогеях. Особенно велики приливы, когда моменты перигеев близко совпадают с сизигиями. Это зависит от вращения большой оси (линии апсид) эллипса лунной орбиты в ее плоскости. Полный оборот линии апсид лунной орбиты завершается в 8,85 года. При этом сближении сизигий с перигеями разделяются промежутком их сближений с апогеями.

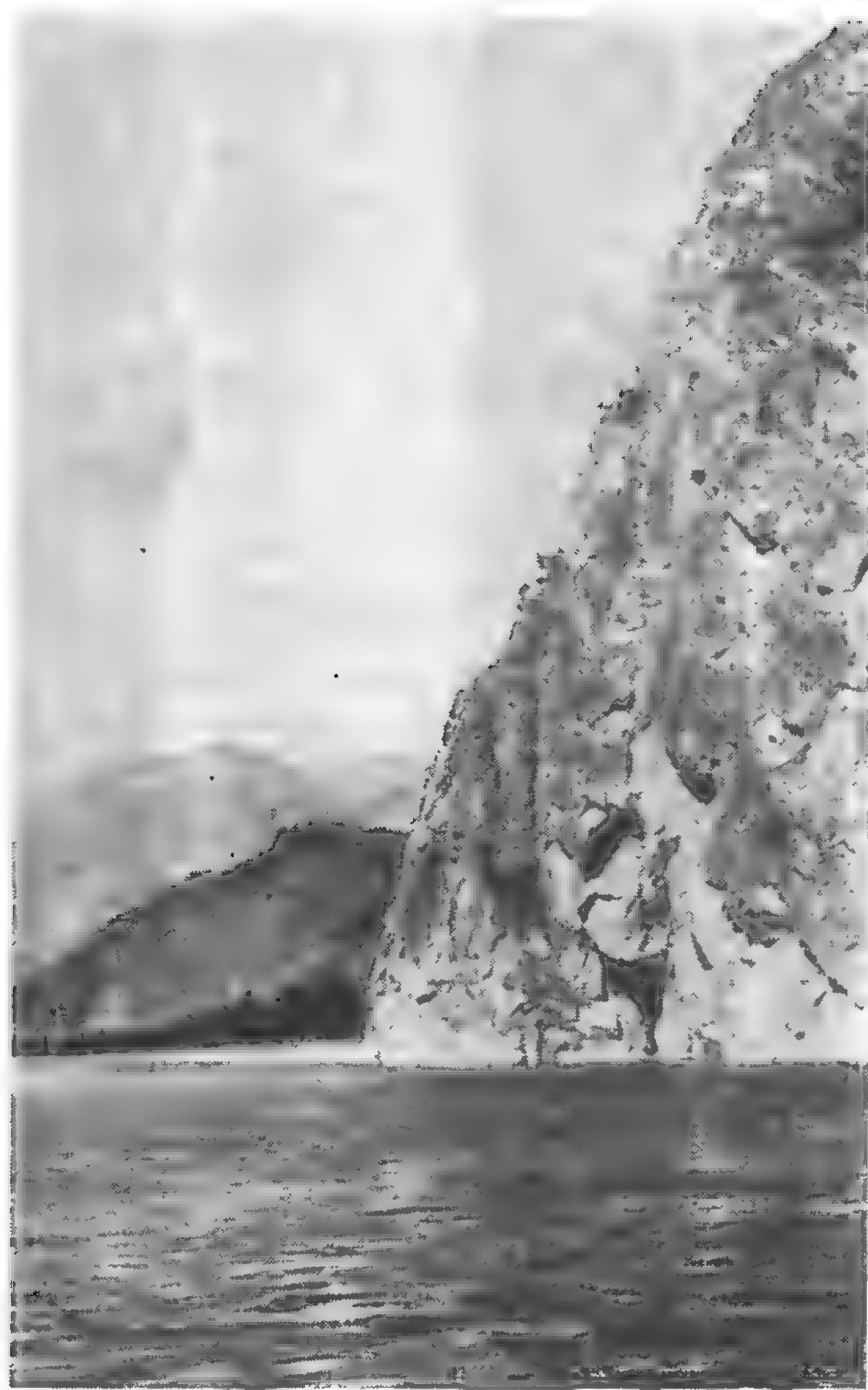
Ученые давно ищут связь между землетрясениями и периодическими неравенствами приливов. Уже 250 лет тому назад предпринимались попытки найти непосредственную причину возникновения землетрясений в больших сизигийных приливах и отливах. В середине прошлого века французский сейсмолог Перрей, рассмотрев большое число землетрясений в разных местах земного шара, пришел к выводу, что землетрясения чаще случаются в сизигии, и особенно в то время, когда Луна приближается к своему перигею и проходит через меридиан места с верхней или противоположной стороны Земли. Парижская академия наук признала важное значение изысканий Перрея. В частности, его поддержал выдающийся геолог Эли де Бомон.

Впоследствии вопросом периодичности землетрясений и их связи с приливообразующими силами занимались многие сейсмологи. Однако их выводы отличались крайней противоречивостью, что отмечалось разными

лицами, в том числе и видными русскими сейсмологами И. В. Мушкетовым в 1890 г. и В. Ф. Бончковским в 1949 г.

Причина неудач в решении этого вопроса отчасти заключается в подкупающей простоте объяснения землетрясений только одними периодическими усилениями приливообразующих сил как таковых. При таком объяснении не обращалось внимания на особенности самих приливов на разных географических широтах и на значение разных геологических условий в сейсмических очагах.

Существование двух геологических рядов байкальских землетрясений с чередующейся периодичностью в зависимости от наклонов лунной орбиты ясно показывает, сколь вели-



Берег на южной стороне мыса Котельниковского, образованный Обручевским сбросом, близ эпицентра землетрясения 6 августа 1931 г.

ко влияние тектонических условий и положения Луны на сроки возникновения землетрясений. В чем же причина такого влияния?

Байкал в средней части своего протяжения пересекается параллелью $53^{\circ},5$ с.ш. При высоком склонении Луны в меридиане широтные расстояния между Байкалом и центрами приливных воздыманий изменяются вследствие вращения Земли от 25° до 82° . Следовательно, приливные волны попеременно то захватывают Байкальскую впадину, то не касаются ее.

В таких условиях обостряется неравенство двух суточных приливов, возрастает амплитуда напряжений. При возрастании высоты одной из приливных волн усиливаются вертикальные составляющие приливных напряжений в земной коре с чередующимися направлениями — вверх и вниз. По-видимому, такое состояние земной коры способствует землетрясениям по Обручевскому сбросу.

Существенно изменяется соотношение вертикальных и горизонтальных составляющих приливных напряжений при низком склонении Луны в меридиане. В такие периоды широтные расстояния между Байкалом и центрами приливных воздыманий колеблются в меньших пределах, а именно от 34° до 72° . Это ведет к уменьшению суточного неравенства приливов и ослаблению напряжений. Вертикальные составляющие приливных напряжений почти сходят на нет. Соответственно горизонтальные составляющие приобретают большее значение. Такое соотношение в приливных напряжениях, по-видимому, способствует возникновению землетрясений «сдвигового» геологического ряда в Байкальской впадине.

Кроме нутационных неравенств существует связь периодов байкальских землетрясе-

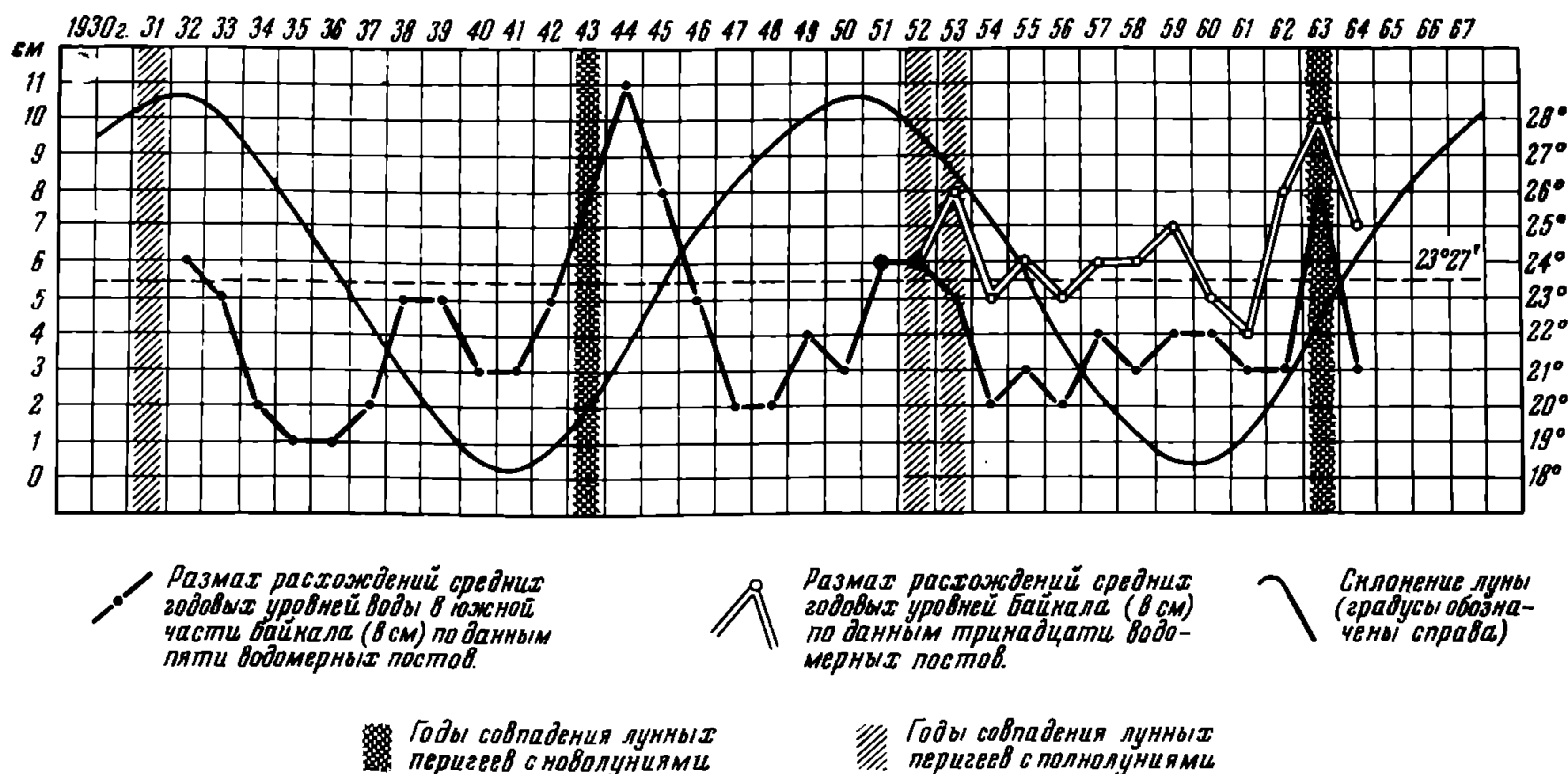


Современный тектонический разрыв Обручевским сбросом подножья Приморского хребта севернее устья реки Сармы на берегу Малого моря, на северо-западной стороне Байкала

ний (хотя и не такая определенная) с параллактическими неравенствами — с периодами сближения перигеев с сизигиями. Нутационные полупериоды и целые параллактические периоды имеют почти одинаковую продолжительность и их значение в образовании приливов в общем за последние 150 лет совмещается во времени (см. схему на стр. 28—29).

Почти все сильные байкальские землетрясения происходили в периоды увеличения приливообразующей силы продолжительностью в 4—5 лет. Исключениями из этого общего правила служат землетрясения на юго-восточной стороне Байкала в 1885 г., в Верхне-Ангарской долине в 1937 г. и среди самого Байкала, у Святого Носа в 1939 г. К таким же относятся и землетрясение в Южно-Муйском хребте в 1958 г., эпицентр которого, впрочем, находится за пределами Байкальской впадины, в области Станового нагорья. Эти землетрясения приурочены не к периодам сближения перигеев, а наоборот — апогеев с сизигиями.

Если байкальские землетрясения в некоторой мере, видимо, связаны с периодами сближений перигеев с сизигиями, то они совсем не связаны с моментами отдельных сближений как таковыми, от которых боль-



Колебания размаха современных тектонических движений в Байкальской впадине и их связь со склонением Луны и ее перигеями

шей частью отделены значительными сроками. Не связаны они и с разными фазами Луны. Из двадцати трех сильных байкальских землетрясений только десять произошло в новолуния и полнолуния, а остальные тринадцать — в квадратуры. Все это хорошо показывает, что приливы не служат прямыми причинами землетрясений.

Можно ли предполагать, что и в других местах мы встретимся с такой же периодичностью землетрясений как на Байкале? Сам Байкал, где периоды землетрясений чередуются на разных сторонах его асимметрично построенной впадины, предостерегает от признания такой возможности. Отрицательный ответ на этот вопрос дает и изучение других сибирских и монгольских землетрясений. Правда, на Сибирской платформе Киренское в 1856 г. и Верхотенское в 1910 г. землетрясения точно укладываются в периоды геологического ряда по Обручевскому сбросу (см. схему на стр. 28—29). Но в Становом нагорье, Селенгинском Забайкалье, Северной Монголии и Восточных Саянах периодичность отличается от байкальской. Это, по-видимому, зависит от специфических черт неотектоники горных областей в зоне нижнепалеозойской складчатости. Наряду с этим на Алтае и рядом с ним на Западно-Сибирской равнине, т. е. в зоне верхнепалеозойской складчатости с другой неотектоникой, вовсе не удастся подметить сейсмической

периодичности. Однако не исключено, что она будет найдена и в Алтайской зоне при углубленном геологическом изучении сейсмических очагов.

МИКРОПУЛЬСАЦИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Заслуживает внимания соотношение землетрясений и микропульсаций земной коры в Байкальской впадине¹, то есть довольно плавных волн земной коры, медленно пересекающих Байкальскую впадину в северо-западном направлении. Они устанавливаются по расхождениям отметок уровней воды в разных местах побережья озера.

Расхождения средних годовых значений уровня Байкала, определенных в разных местах, достигают гораздо большей величины, чем те, которые могли бы зависеть от местных влияний погоды.

Они зависят главным образом от местных тектонических движений. Заниженный уровень в одних местах означает поднятия берегов, а завышенный уровень в других — их опускания.

Кратковременные влияния с противоположным значением, давления воздуха, ветров, дождей и т. п. осредняются за год. Также и приливы воды в Байкале, достигающие амплитуды в 2 см, многократно чередуются с отливами и не отражаются в средних годовых значениях уровня озера.

До 1952 г. уровень отмечался на пяти постах, только в южной части озера, в затем посты были устроены и в его северной части, их общее число доведено до тринадцати.

¹ См. «Природа», 1962, № 7, стр. 53—57.

Длина волны микропульсаций составляет 50—80 км, а высота в среднем 4—6 см. На юго-восточном побережье Байкала микропульсации отличаются большим размахом. Здесь и землетрясения чаще. Наклоны земной поверхности, вызываемые микропульсациями, не превышают 1" дуги. Периоды волн равны в среднем 8—9 годам. По продолжительности они соответствуют периодам спльных землетрясений и приливных неравенств.

Размах микропульсаций, т. е. разница между максимальной высотой волн и самыми низкими межволновыми впадинами в разных местах Байкала с течением времени периодически изменяется. Максимальных значений в 10—11 см размах достигал в 1944 г. и, спустя 19 лет, в 1963 г. В 1953 г. выявился второстепенный пик, когда размах увеличивался до 8 см. Он делит главный период изменений на две половины продолжительностью по 9—10 лет. В промежутке между увеличениями размах сокращается до 2—4 см.

Увеличения размаха микропульсаций совпадают с годами сближения моментов лунных перигеев с сизигиями или непосредственно следуют за ними. Обращает на себя внимание, что небольшие пики размаха соответствуют сближениям перигеев с новолуниями, когда приливы особенно сильны. К этому следует добавить, что наибольшие пики увеличения микропульсаций совпадают с возрастанием склонений Луны. В это время происходит перестройка системы приливных напряжений в земной коре (см. схему на стр. 32).

Прямое соответствие размаха микропульсаций с приливными неравенствами не оставляет сомнений, что микропульсации образуются под влиянием периодических изменений приливных волн.

Особенности связей с приливными неравенствами у микропульсаций и землетрясений сказываются в соответственных различиях сроков периодов их усиления. Так, усиление микропульсаций в 1953 г. произошло между периодами сильных землетрясений.

Микропульсации находятся в зависимости от геологической структуры. Волны земной коры, проходя поперек Байкальской впадины, охватывают юго-восточный угол Сибирской платформы. Поэтому они круче заворачивают к северо-западу в оконечностях

озера. В северной части Байкала волны пересекают впадину за 4 года, а на юге — за 6—7 лет. Большая их скорость на севере, вероятно, зависит от меньшей мощности земной коры в этом районе.

То, что волны выше на восточном берегу, можно объяснить огромным разрывом в мантии Земли, протянувшимся под земной корой с этой стороны озера. Глубина подкорового рва достигает приблизительно до 70—90 км от поверхности Земли, тогда как рядом, под Сибирской платформой, мощность земной коры равна 35—40 км. Приливные волны, проходя через глубинный ров, задерживаются в скорости и становятся выше.

Довольно правильная периодичность микропульсаций дает возможность предсказать на несколько лет вперед сроки прохождения волновых колебаний через разные участки берегов Байкала. Так, в 1962 г. был дан прогноз движения волны опускания берегов на 4 года вперед¹. Мы ожидали, что волна придет на северо-западный берег, в Байкальск и Покойники в 1962 г., а в Ташкай и Пес-

¹ См. «Природа», 1962, № 7, стр. 54.

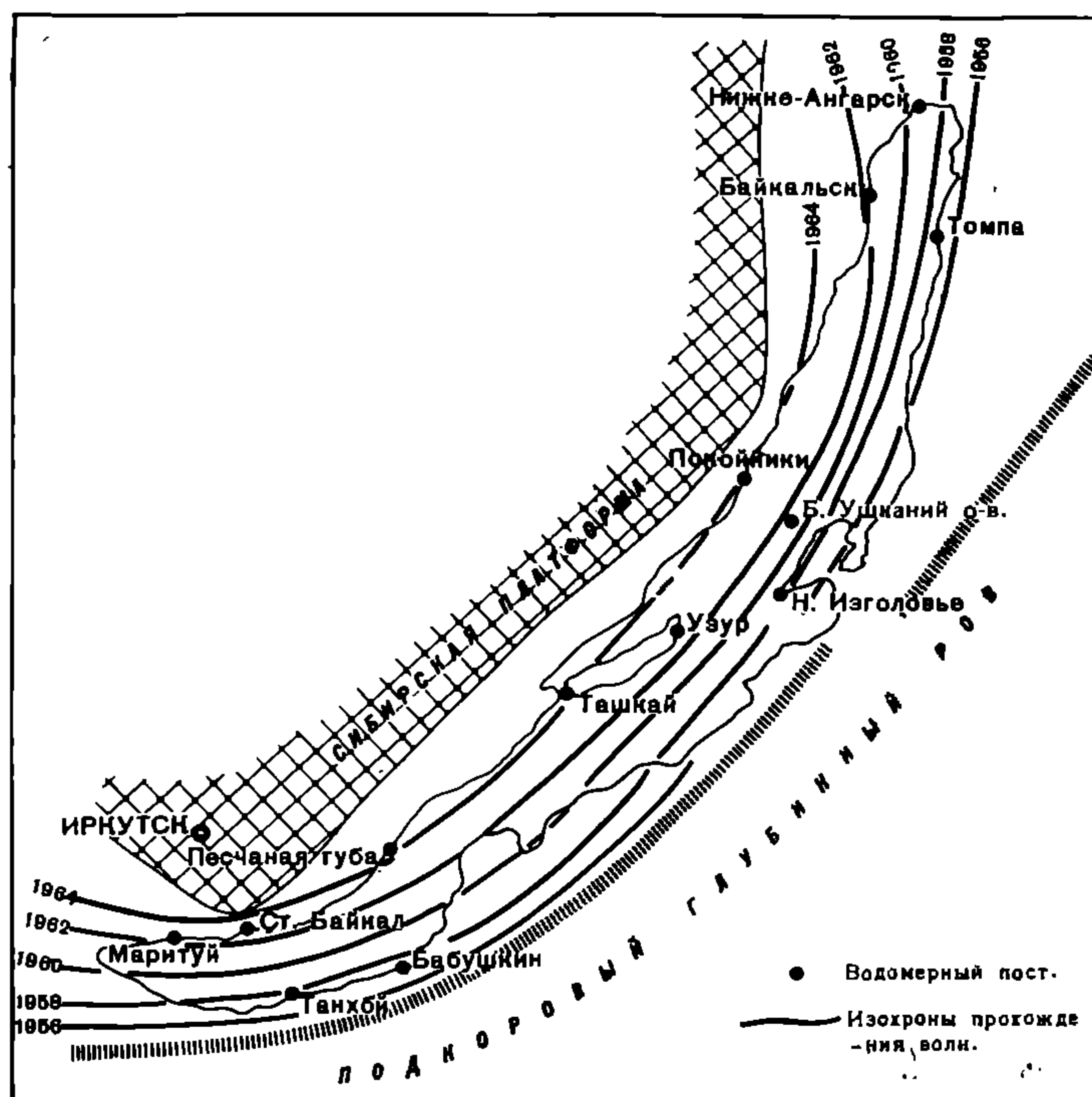


Схема прохождения через Байкал волны опускания берегов в 1956—1964 гг.



Бровка сбросового обрыва в Солонцовой пади близ мыса Покойники. Сброс протягивается вдоль подножья Байкальского хребта

чаную губу в 1963—1964 гг. И это предположение полностью оправдалось (см. схему на стр. 33).

Не менее правильна и периодичность сильных байкальских землетрясений. К тому же она выявлена на основе данных за 150 лет, тогда как микропульсации можно проследить только за последние 30 лет. Поэтому возможны и прогнозы байкальских землетрясений.

Сильные землетрясения следует ожидать приблизительно в 1967—1968 гг. по северо-западной, сбросовой, стороне Байкальской впадины и около 1976 г. в ее осевой полосе и по юго-восточному борту. Однако не исключена возможность пропуска сейсмических сроков, как иногда бывало в прошлом.

УДК 630 341.5

**Заметки,
Наблюдения**

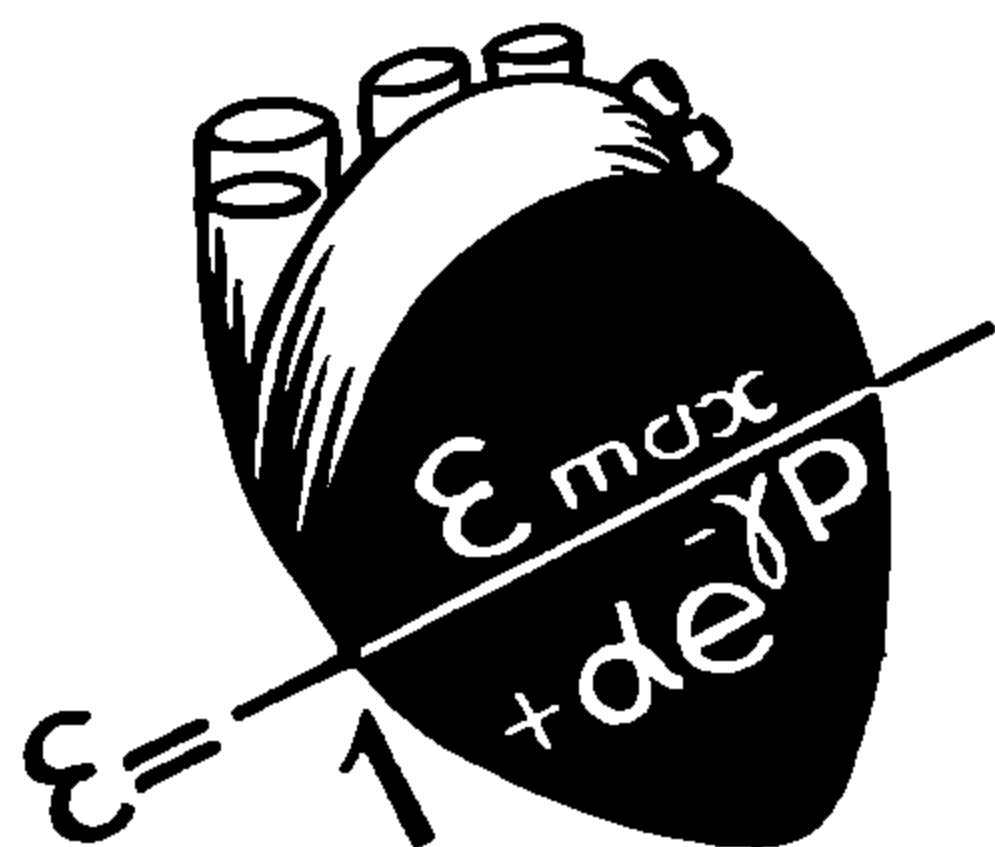
ИНТЕРЕСНОЕ СРАСТАНИЕ

Не каждый видел в лесу такое дерево. Внизу кедровые деревья, а поднимешь голову — и сразу не поймешь, в чем дело. Было два ствола — стал один, вместо обычной для кедров корейской развилки вверх — рогатка вниз.

60—70 лет тому назад на высоте 6 м произошло срастание стволов. После срастания одна из вершин усохла, а оставшаяся стала общей для двух корневых систем. Сросшийся кедр отличается от соседних деревьев такого же возраста более развитой кроной и обильным плодоношением. Этот интересный экземпляр находится в Мухенской орехово-промысловой зоне Оборского лесного хозяйства Хабаровского края.

В. В. Лебединский
Дальневосточный научно-исследовательский
институт лесного хозяйства
(Хабаровск)





Закон сердца

В. А. Лищук, Б. Л. Палец, С. А. Пацкина
Институт кибернетики АН УССР

Этот закон был сформулирован более полувека назад. В 1914 г. выдающийся английский физиолог, замечательный экспериментатор Эрнст Старлинг выдвинул положение, которое вошло в физиологию и медицину под названием «закона сердца»: «Энергия сокращения изолированного сердца является функцией длины его мышечных волокон»¹.

Растяжение мышечных волокон — единственная причина, определяющая величину полезной мощности изолированного сердца, — так утверждал Старлинг.

В течение нескольких последующих лет положение Старлинга получает всеобщее признание. Изучение его работ становится обязательным для студентов биологических и медицинских факультетов. Формулировка «Закона» приводится во всех руководствах по нормальной физиологии. Кардиологи основывают на положениях Старлинга клинический анализ.

Одновременно в специальной литературе вокруг этого закона разгорается спор.

«Применим ли закон Старлинга к сердцу человека?», «Ошибочность закона Старлинга», «Подтверждение закона сердца» — число работ на эти темы нарастало лавинообразно. Отчасти спор продолжается и сейчас.

Действительно, что кроется под формулировкой Старлинга?

Чтобы лучше понять значение и суть положения Старлинга, попытаемся представить,

¹ Э. Старлинг. Основы физиологии человека, т. II, Медгиз, 1933.

насколько сложна задача ученого, исследующего физиологию сердца.

Сердце человека — четырехкамерный насос. Основная функция этого насоса — сообщение механической энергии потоку крови.

В минуту сердце перекачивает в аорту от 3,5 (в покое) до 30 (при большой физической нагрузке) литров крови. При этом оно развивает мощность в несколько ватт.

В течение жизни мышца и клапаны сердца сокращаются (срабатывают) около трех миллиардов раз, что значительно превосходит пределы износоустойчивости лучших технических узлов.

В течение последних 18 лет медицинская техника решает задачу создания перфузионных насосов¹, способных заменить сердце во время сложных операций. Здесь возникает целый ряд проблем: надежность, компактность, управляемость, и, пожалуй, главное — части насоса не должны травмировать кровь.

Сейчас хирурги, оперирующие на сердце, имеют несколько десятков моделей перфузионных насосов. Их размеры, вес и потребляемая мощность значительно превышают соответствующие параметры миокарда, но ни одна из моделей не может заменить сердце человека больше, чем на 10—20 часов. Несколько лучше обстоит дело с искусственными клапанами сердца. И хотя их надежность и «физиологичность» намного уступает естественным, первые больные, ко-

¹ Насос аппарата для искусственного кровообращения.

торым вшиты клапаны из металла и пластика, живут уже несколько лет.

Но сердце — это не только мышечные насосы; это — и биохимический преобразователь энергии, и коронарная система, обеспечивающая питание сердечной мышцы и вывод шлаков; это и очень сложная система управления — система автоматизма, определяющая поразительную способность сердца работать изолированно от организма.

Трудно кратко охарактеризовать всю сложность структуры и функции сердца. С целью иллюстрации этой чрезвычайной сложности укажем, например, что только импульсная информация между сердцем и центральной нервной системой передается по многим тысячам каналов (нервных волокон). При этом система автоматизма сердца обеспечивает уникальную слаженность, управляемость и надежность работы миллионов мышечных волокон.

В последнее время углубление научных и расширение технических задач все чаще приводит к необходимости изучения сложных систем. В связи с этим совсем недавно возникла новая отрасль науки — теория систем большого масштаба. К сожалению, средства и методы этой теории еще недостаточно развиты, чтобы охватить контролем, провести анализ или смоделировать систему такой сложности, как сердце во взаимосвязи со всем организмом. Тем более такой возможности не было во времена Старлинга.

Изучение сложных систем возможно лишь при использовании хорошо развитых и конструктивных методов расчленения сложных технических устройств (например, систем автоматического управления) с последующим описанием их связей и элементов в отдельности. Затем на основе анализа производится синтез модели (или устройства) в целом.

Примерно такой подход развивали в вопросе изучения системы кровообращения некоторые физиологи конца девятнадцатого и начала двадцатого века. Так, в 1883 г. И. П. Павлов использовал такой метод для выяснения влияния центробежных нервов сердца.

Старлинг впервые выдвинул положение, значимость которого дала правомерным введение понятия закона для целостного изолированного органа — сердца.

Нужно сказать, что развитие аналитического подхода к системе кровообращения вызвало довольно резкие возражения некоторых физиологов. Часть ученых не считала

целесообразным изучение (а тем более формулирование законов) изолированных органов. Так, американский ученый Рапмер 1959 г., критикуя Старлинга и его последователей, писал: «Прогресс физиологии сердца был серьезно задержан тенденцией к изучению изолированного или обнаженного сердца»¹.

Но прежде чем обсуждать работу и законы изолированного сердца, ознакомимся с содержанием и методикой экспериментов Старлинга.

Старлинг и его сотрудники выделяли хирургическим путем сердце вместе с легкими из организма собаки. Во время операции все нервы и мягкие ткани перерезались. К сосуду, из которого кровь поступает в сердце и к сосуду, отводящему кровь из сердца, присоединялись трубки системы, имитирующей большой круг кровообращения. Все это необходимо было выполнить, ни на секунду не нарушая физиологически нормальной работы сердца. Легкие раздувались аппаратом искусственного дыхания, присоединенным к трахее; поддерживалась постоянная температура крови. Измерялись объемная скорость кровотока, артериальное и венозное давление, объем сердца при сокращении и при расслаблении. (Отметим, что частота сокращений изолированного сердца, работающего при постоянной температуре, остается неизменной.)

Перемещая в вертикальном направлении венозный или артериальный резервуар, либо изменяя с помощью зажимов сопротивление притоку и оттоку, экспериментатор мог дозированно изменять нагрузку на сердце.

Метод Старлинга позволял исследовать работу сердца без управления центральной нервной системой и с относительно стабильным уровнем гуморальной регуляции. Тем самым исключались наиболее многочисленные и трудно контролируемые факторы, затрудняющие исследование сердца в условиях организма.

Но как работало сердце? Может быть, ученый исследовал только его агонию?

Реагировало ли сердце на поступающую вместе с потоком крови информацию закономерно или это были случайные, нецелесообразные реакции неорганизованной системы?

Ответить на эти вопросы было нелегко.

Далеко не всегда оказывалась удачной

¹ R. F. Rushmer, A. Smith. Cardiac Control. Physiol. Rev., 1959, v. 39, p. 41—69.

операция выделения сердца из организма. И сегодня такая операция требует высокого хирургического искусства и совершенной техники эксперимента. Даже небольшая ошибка в процессе выделения сердечно-легочного препарата может привести к необратимым биохимическим и рефлексным нарушениям, в результате которых получение работоспособного изолированного сердца станет невозможным. Например, недостаточная (падающая сердце) анестезия может привести к остановке сердца еще в период операционного вмешательства, не говоря уже о нарушении его функции. С другой стороны применять анестезирующие вещества для этой операции приходится очень осторожно, так как многие из них сами в значительной степени влияют на работу сердца.

Сейчас известно: для того чтобы обеспечить нормальные условия работы сердца в искусственной системе, необходимо стабилизировать, проконтролировать и измерить около двух десятков величин. Понятно, что уровень экспериментальной техники не позволял Старлингу обеспечить хорошую адекватность условий опыта. Он не добился повторяемости экспериментальных результатов. В его опытах не была достигнута стабильность функционального состояния сердца — оно работало в состоянии прогрессивно нарастающей слабости.

Вместе с тем эксперименты талантливого ученого оставались непревзойденными около 50 лет.

Рассмотрим подробнее результаты этих опытов. В экспериментах Старлинга прилаемую к сердцу нагрузку можно было менять двумя способами: во-первых, изменением притока крови в правое предсердие, во-вторых, изменением артериального давления (т. е. сопротивления выбросу крови). Развиваемая при этом энергия сокращения сердца не остается постоянной, а увеличивается с увеличением нагрузки. Анализируя результаты своих опытов, Старлинг пришел к выводу, что каким бы путем ни изменя-

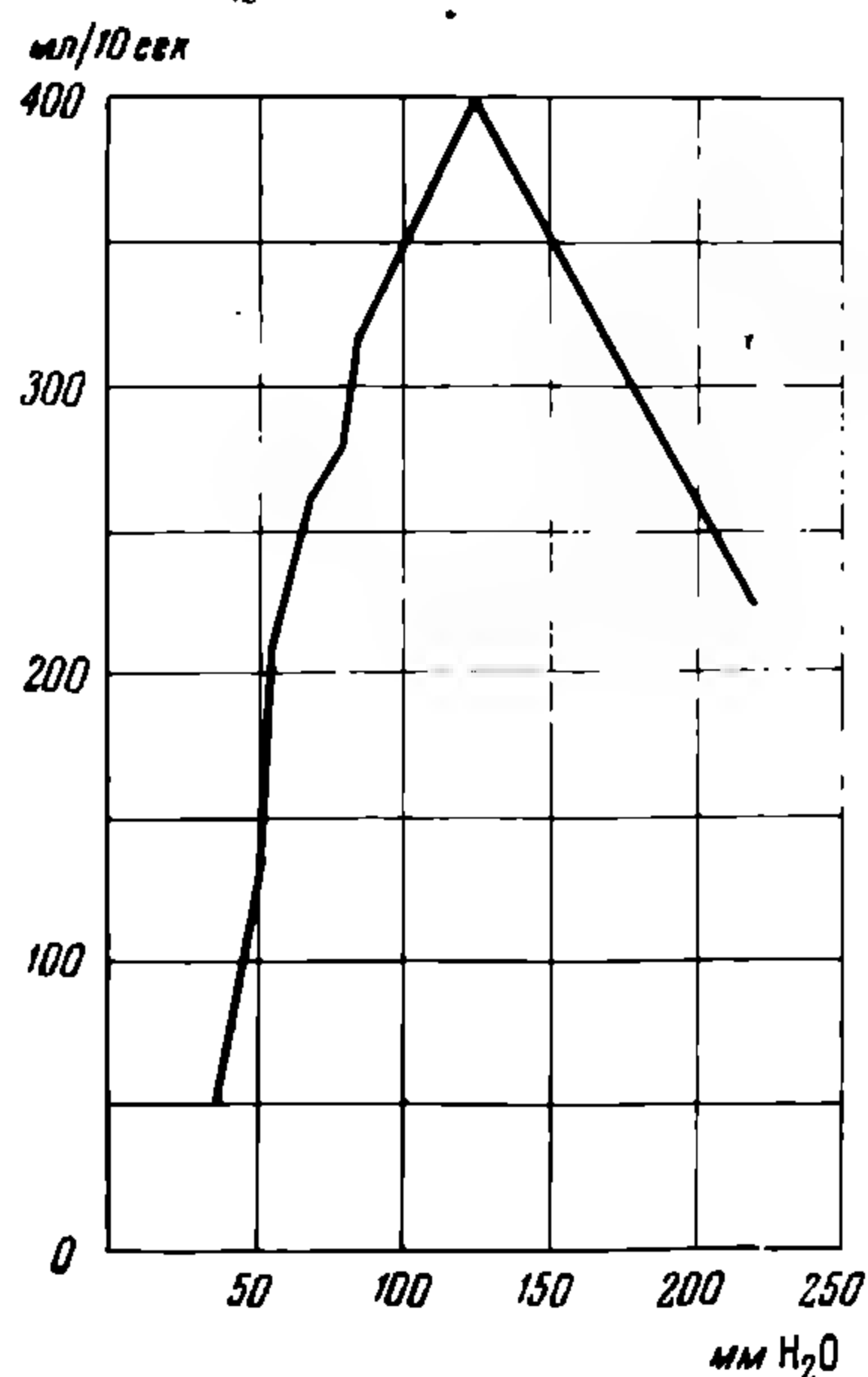


Рис. 1. Зависимость количества выбрасываемой сердцем крови (расхода) от давления в правом предсердии (по Старлингу)

лась нагрузка — в результате ли изменения артериального или венозного давления, — имеется всего одна, обобщающая причина изменения мощности сердца. Этой единственной причиной является растяжение мышечных волокон сердца непосредственно перед сокращением. Чем больше растяжение, тем больше будет энергия последующего сокращения, пока не будет достигнут определенный максимум, выше которого энергия, развиваемая сердцем, подняться не может.

Легко понять, что величина растяжения определяется количеством крови, поступившим в полость сердца за время наполнения (диастолы) и количеством крови, оставшимся в полости после предыдущего сокращения. Отсюда ясно, что чем больше венозный приток, тем сильнее

растянется сердце во время диастолы и тем большую энергию разовьет оно (по закону Старлинга) во время сокращения.

На рис. 1 показана кривая, взятая из работы Старлинга. Из кривой видно, как по мере возрастания венозного давления растет количество выбрасываемой сердцем крови (а следовательно, и полезная мощность сердца). Достигнув максимального значения, мощность сердца начинает уменьшаться.

Допустим, что экспериментатор увеличил не венозное, а артериальное давление. Тогда из-за возросшего сопротивления оттоку сердце в первом сокращении не сможет вытолкнуть всю поступившую в него кровь, и часть ее останется в полости сердца. За счет увеличившегося остаточного объема общий объем наполнения сердца перед следующим сокращением станет большим, мышечные волокна окажутся более растянутыми, и вследствие этого сердце увеличит энергию сокращения. Так будет продолжаться до тех пор, пока мощность сердца не возрастет до величины, обеспечивающей изгнание во время систолы как раз такого количества крови, какое поступает в период диастолы.

Значение объема наполнения полости перед сокращением отражает другая, не менее

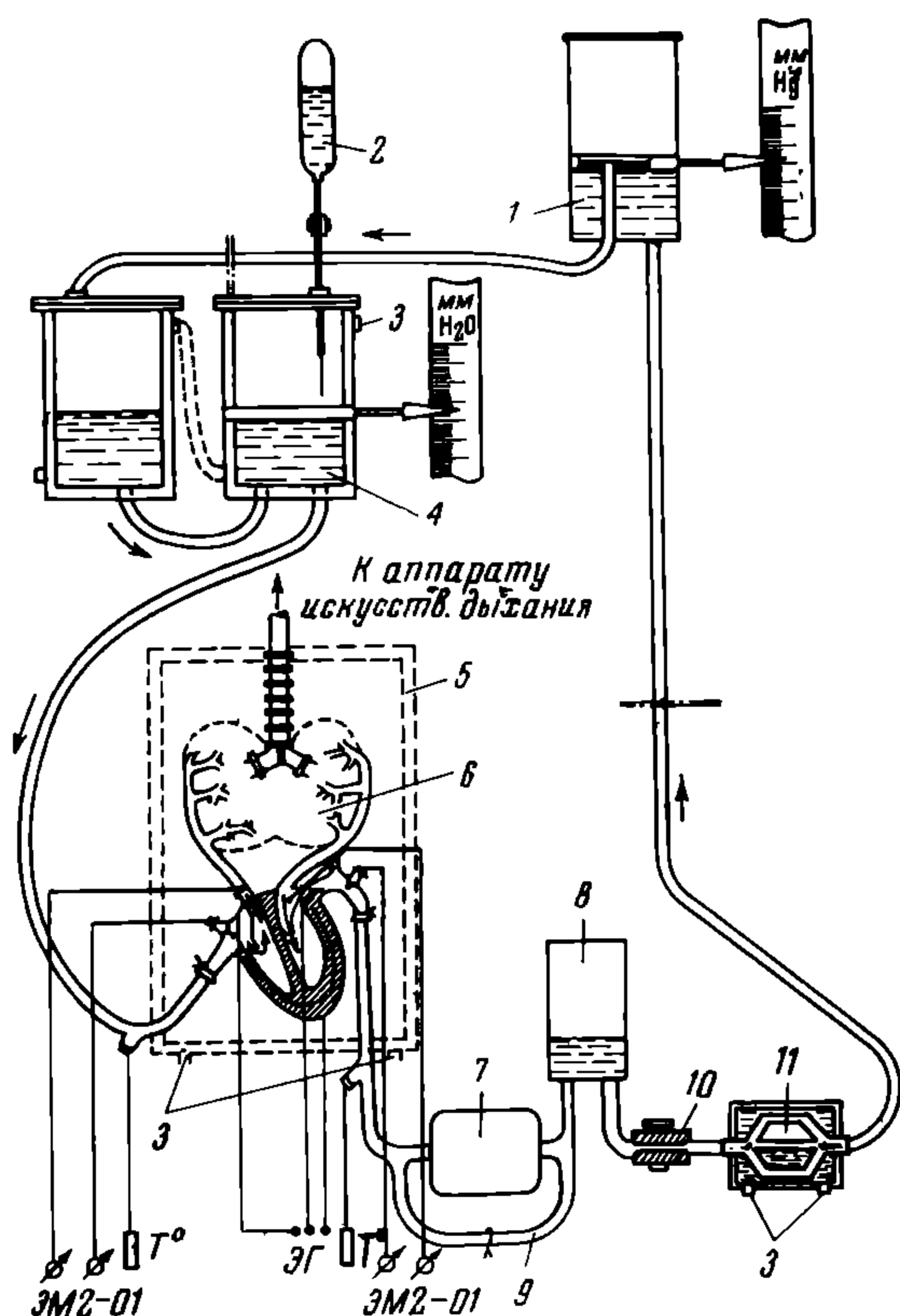


Рис. 2. Схема системы, имитирующей большой круг кровообращения: 1 — артериальный резервуар; 2 — сосуд для капельной подачи адреналина; 3 — вывод к ультратермостату; 4 — основной и депонирующий венозные резервуары; 5 — камера для сердечно-легочного препарата; 6 — сердечно-легочный препарат; 7 — датчик расходомера; 8 — демпферное устройство; 9 — шунтовая магистраль к расходомеру; 10 — зажим для создания сопротивления; 11 — теплообменник; 12 — ЭМ2-01 — электроманометры

распространенная формулировка «закона сердца»: энергия сокращения изолированного сердца пропорциональна величине наполнения сердца в конце диастолы.

Подтвердили ли современные исследования выводы Старлинга?

В настоящее время физиология кровообращения и, в частности сердца, начинает переходить на новый уровень, приближающий ее к точным наукам. Все большее распространение получают в ней методы кибернетики. Начаты работы по созданию математической модели сердца и всей системы кровообращения. Точные количественные представления о функциях и связях сердца по-

зволяют не только проверять и уточнять известные законы, но и находить новые качественные закономерности, ранее ускользавшие от исследователей. В самое последнее время коллектив сотрудников Института кибернетики АН УССР под руководством проф. Н. М. Амосова провел серию исследований, позволяющих построить количественную модель работы изолированного сердца. Опыты проводились на сердечно-легочном препарате собаки в сочетании с искусственной системой, заменяющей большой круг кровообращения (см. рис. 2). Поднимая или опуская венозный резервуар, экспериментаторы могли изменять расход и полезную мощность сердца. На рис. 3 показано, как по мере увеличения венозного давления растет мощность сердца и количество выбрасываемой им крови. Таким образом, опыты подтвердили, что энергия, развиваемая левым (или правым) желудочком при постоянном артериальном сопротивлении действительно может быть однозначной функцией среднего венозного давления. Повторяемость результатов наблюдалась только в определенных, но довольно широких пределах изменения нагрузки. В этих пределах получены хорошие количественные оценки однозначности реакции сердца на изменение венозного

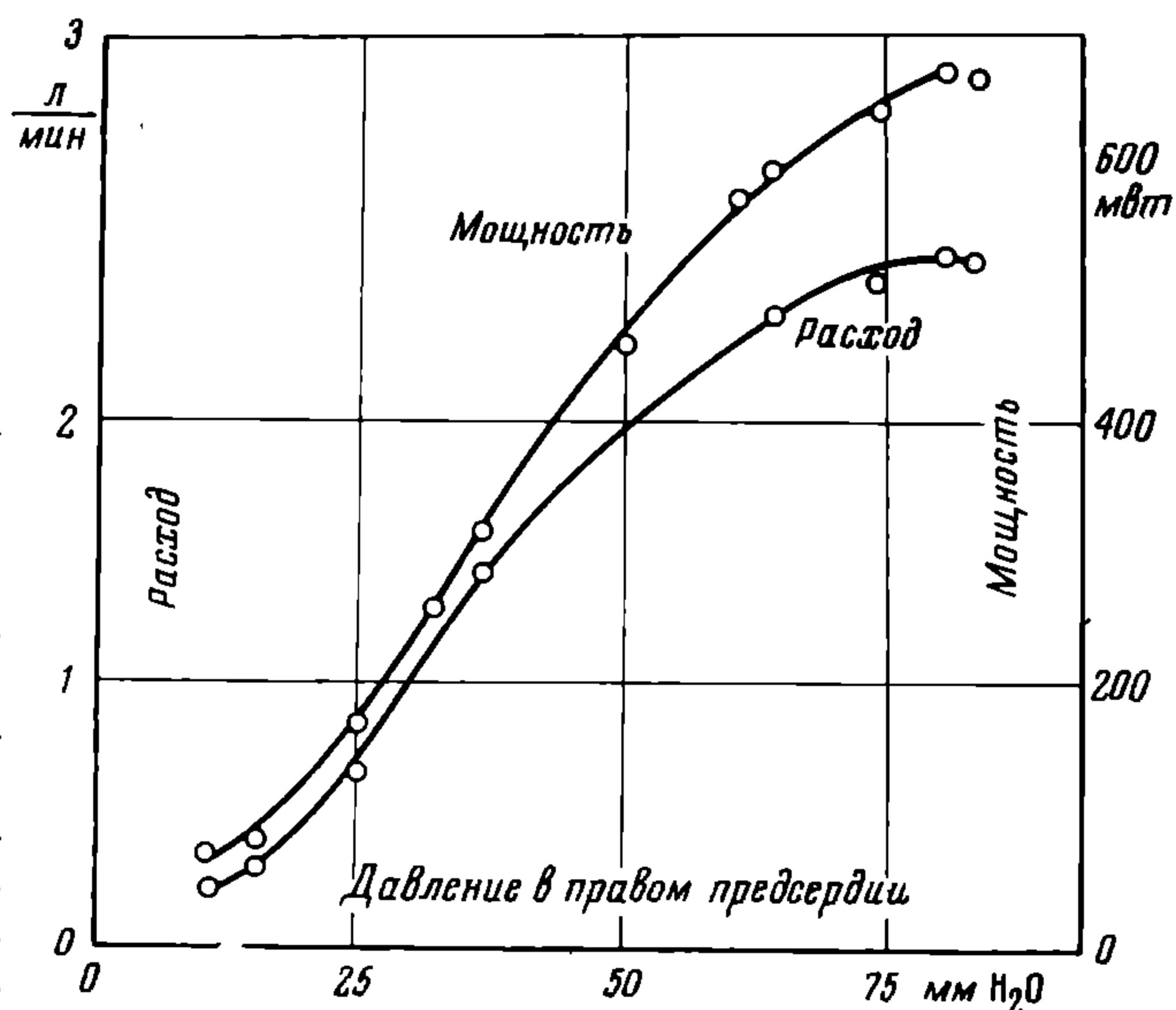


Рис. 3. Зависимость средних значений расхода и мощности сердца от давления в правом предсердии

давления. При доверительном интервале $\pm 6\%$ вероятность детерминированного поведения сердца оказалась не менее 0,99.

Таким образом, при изменении венозного притока и постоянном артериальном давлении «закон сердца» выполнялся.

Хорошая повторяемость экспериментальных результатов свидетельствовала о том, что реакция сердца определяется целостной системой управления, работающей по собственным устойчивым критериям. Следует отметить целесообразность описанного поведения. Допустим, что мощность сердца определяется влиянием центральной нервной системы, а автоматизм сводится только к ритмическому сокращению. В таком случае для обеспечения адекватной производительности нужна очень надежная и сложная система измерения потребностей организма в величине кровотока. Если же сердце развивает мощность пропорционально венозному притоку, то необходимость в такой системе отпадает. Интегральный венозный приток как раз и определяет общую потребность всех органов и тканей в величине кровотока. Надежность такого «решения» очевидна. Здесь вся регуляция идет на уровне соответственно организованных исполнительных органов.

Несколько ранее американский исследователь Империял с сотрудниками нашел, что артериальное давление является независимым фактором, определяющим изменение полезной мощности сердца.

Такие же результаты получены и в ряде других исследовательских лабораторий как в Советском Союзе, так и за рубежом.

На рис. 4 приведена зависимость, показывающая, как ведет себя сердце при изменении артериальной нагрузки. Мы видим, что при одном и том же среднем давлении в полости сердца (т. е. при одинаковом наполнении) энергия увеличивается по мере артериального давления. Таким образом, артериальное давление само по себе, без участия механизма, описанного Старлингом, изменяет полезную мощность сердца.

Итак, было показано, что пресистолическое растяжение не определяет однозначно энергию сокращения, если изменяется артериальное давление. В связи с этим в научных статьях последних лет «закон сердца» формулируется так: «Энергия сокращения изолированного сердца пропорциональна конечностиас-

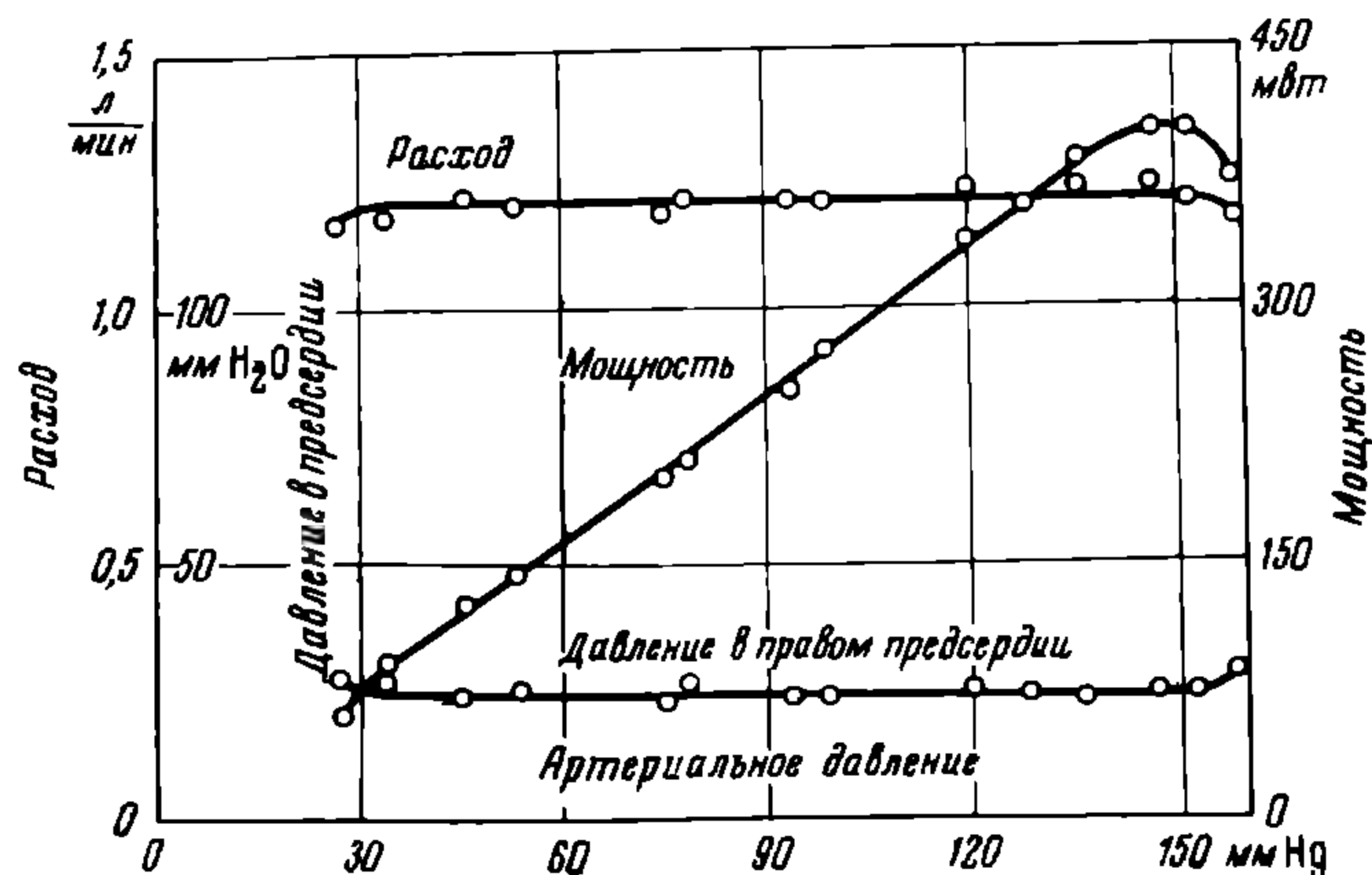


Рис. 4. Зависимость средних значений расхода и мощности сердца и давления в правом предсердии от артериального давления

толическому наполнению и артериальному давлению»¹.

Работами коллектива сотрудников Института кибернетики АН СССР была вскрыта суть целесообразного изменения энергии сокращения сердца в зависимости от артериального давления. Оказалось, что полезная энергия возрастает строго пропорционально изменению артериальной нагрузки. Количество выбрасываемой сердцем крови оказывается независимым (инвариантным) от давления в аорте (коэффициент корреляции $\pm 0,1$). Сердце не передает потоку венозной крови колебания давления в аорте.

В широких пределах изменения артериального давления ударный объем левого сердца остается постоянным.

Обратим внимание еще на одну особенность работы сердца, связанную с надежностью регуляции. Оказалось, что «закон Старлинга» частично имеет место и при изменении артериального давления. По мере того, как исчерпываются возможности независимой компенсации артериальной нагрузки (артериального давления), все большее значение приобретает механизм регуляции Старлинга (см. выше). Вот почему, если исследователь получал после операции сердце в плохом функциональном состоянии, как это было в опытах Старлинга, он прежде всего обнаруживал превалирующее влияние конечностиас-

¹ См. J. Defares, J. J. Osborn, Hiroshi H. Hara. Theoretical synthesis of the cardiovascular system Acta Physiol. Pharmacol. Neerl., v. 12, 1963, pp. 189—265.

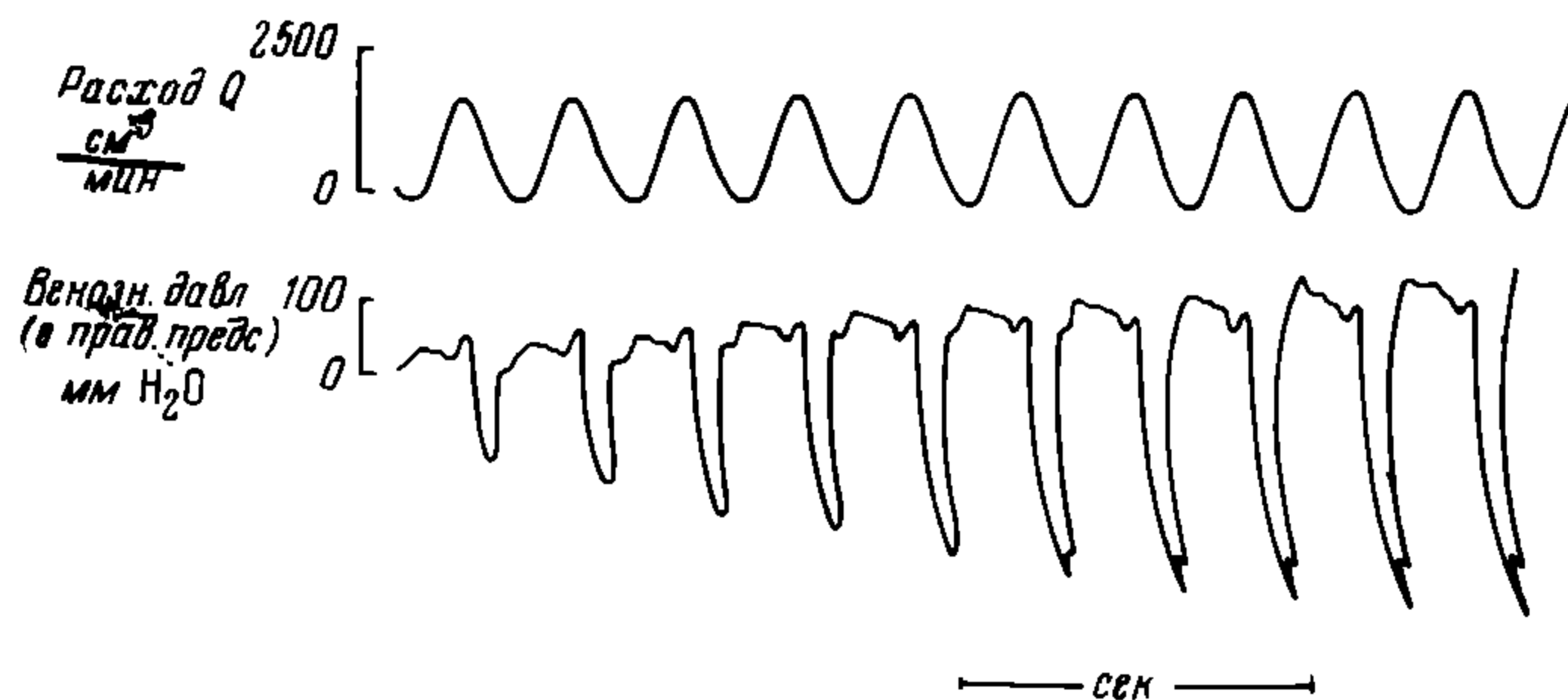


Рис. 5. Отрицательное давление во время диастолы в правом предсердии

В последние годы был решен и другой затянувшийся спор. Всасывает ли сердце кровь? Направлена ли развиваемая им мощность только в сторону артериального русла, или она приложена и к венозному потоку? В 1964 г. на конгрессе в Висбадене (ФРГ) было сделано несколько докладов, не оставляющих сомнений в существовании диастолической активности сердца. На большом и убедительном материале было показано, что, анализируя работу сердца, нельзя не учитывать влияния изменения сопротивления его полостей (вплоть до отрицательного) притекающей крови.

Одновременно к такому выводу пришли и советские ученые.

В Институте кибернетики АН УССР проведены параллельные экспериментальные исследования работы изолированного сердца и поведения математической модели его полости. Модель исследовалась на аналоговой машине. Эти исследования позволили выявить значение диастолического тонуса с точки зрения управления производительностью сердца.

Так было установлено, что величина, принятая Старлингом за независимую переменную (первопричину), в ряде случаев оказывается функцией состояния сердца.

В определенных режимах сердце активно влияет на поток венозной крови, вплоть до сообщения ему дополнительной кинетической энергии.

Тот факт, что сердце может всасывать кровь во время диастолы, иллюстрирует приведенный на рис. 5 отрезок записи показателей работы сердца. На нем отчетливо видны пики отрицательного давления в правом предсердии.

Мы рассмотрели основы современных представлений о регуляции производительности сердца как целостного органа. Пока лишь немногие функции сердца описаны количественно. Основным же орудием врача и физиолога остаются качественные представления. К числу этих представлений относится и закон Старлинга. Однако, как мы видим, проведение количественных исследований не только позволило установить границы справедливости этого закона, но и значительно расширило наши представления о работе изолированного сердца. Сегодня можно уверенно сказать, что закон Старлинга — только первая буква в своде законов сердца. Наряду с уточнением и расширением качественных представлений, в физиологии сердца все больше возрастает роль количественного моделирования. Близится время, когда законы сердца — уже известные и те, что будут открыты — выразятся в строгих математических формулах.

УДК 612.17



ГЕОЛОГИЯ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Изд-во «Недра», 1966, 447 стр., ц. 3 р. 12 к.

Эту монографию подготовил большой коллектив геологов ВСЕГЕИ. Она состоит из четырех частей, рассматривающих вопросы стратиграфии, магнетизма, тектоники и геоморфологии.

Сибирская платформа (термин был введен в литературу из-

вестным советским геологом А. А. Борисяком в 1923 г.) охватывает Енисейско-Ленское междуречье и занимает около одной шестой части территории Советского Союза. До 1945 г. эта труднодоступная территория была изучена слабо. Но после того как на ней были начаты планомерные геологосъемочные и поисковые работы, здесь были открыты крупные месторождения алмазов, золота, бокситов, нефти, газа, же-

леза, меди, никеля, и других полезных ископаемых.

Монография суммирует то огромное количество фактического материала, которое было получено за последние 20 лет. Ряд проблем поставлен в дискуссионном порядке. В изданной книге читатели получили сводку современных представлений о строении Сибирской платформы на уровне современных знаний.

А. В. Козлов
Москва

ПРОБЛЕМА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА В КОСМОСЕ

О МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ В США

Ф. В. Романов, Е. П. Коструб
Москва

Человек на планете Земля совершает постоянный «полет» вокруг Солнца, между планетами Марс и Венера, со скоростью 102900 км/час. В этом «полете» человек использует земную систему жизнеобеспечения, которую ученые называют экологической. В космических кораблях в настоящее время пока нет возможности создать экологическую среду, адекватную земной. Поэтому в настоящее время основная цель заключается в нахождении приемлемых, компромиссных путей решения задачи обеспечения жизнедеятельности космонавтов.

Современные космические корабли относительно невелики по объему и в них нельзя создать достаточный комфорт для экипажа. Управляя космическим кораблем, человек предполагает, что системы корабля, обеспечивающие необходимые условия поддержания жизни, функционируют безотказно. Корабль и экипаж составляют части единой системы «человек — машина». Успех и безопасность полета зависят от выполнения каждой частью этой системы взаимно необходимых функций.

Проблема полета человека в космосе может быть рассмотрена с четырех точек зрения:

1. Определение устойчивости человека к стрессовым¹ воздействиям (в том числе и невесомости), его работоспособности в этих условиях, а также способности адаптироваться к среде космического корабля. Его конструкция учитывает способности человека переносить воздействия перегрузок, температур-

ных перепадов, вибраций и других факторов, оказывающих влияние на работоспособность и угрожающих безопасности космонавта.

2. Объединение человека и корабля в единую систему. Связующим звеном между человеком и машиной служит система управления кораблем. Эта система — средство интеграции возможностей человека с его способностями. Необходимо определить, в какой мере эта интегрирующая работа зависит от качества связующего звена. Оптимальная система управления предъявляет минимальные требования к человеку при одновременном наиболее эффективном воздействии на машину. В системе «человек — космический корабль» к космонавту предъявляются более значительные требования, чем, скажем, в системах «шофер — автомобиль», «летчик — самолет» и т. д.

3. Развитие систем обеспечения жизнедеятельности на космических кораблях должно быть направлено на создание внутри корабля условий, адекватных земным. На космическом корабле человек должен быть обеспечен всем необходимым для длительных полетов без дополнительного снабжения новыми ресурсами. Открытая система обеспечения жизнедеятельности, полностью зависящая от использования запасов, взятых с Земли, может поддерживать жизнь экипажа космического корабля в полете до тех пор, пока существуют эти запасы.

Космический корабль строго ограничен в весе и, следовательно, в запасах. В первых космических полетах применялись именно «открытые» системы обеспечения жизнедеятельности. В настоящее время разрабатываются регенеративные системы использова-

¹ По зарубежным материалам.

¹ См. М. М. Рейдлер. Стресс. «Природа», 1965, № 5.

ния некоторых ресурсов, главным образом — воды и воздуха.

4. Программы кратковременных полетов для решения проблем биотехнологии должны учитывать необходимость получения максимальной информации в ходе полета. Эту информацию невозможно получить в наземных условиях, при имитации космического полета. Проблема «человек в космосе» должна быть связана с вопросом о работоспособности его в специфических условиях корабля.

Существует и другая система моделирования — биологическая. Эта система используется для создания новых приборов и оборудования. Например, нервная система саламандры перерабатывает и передает информацию с гораздо большей точностью, чем наиболее совершенная электронно-вычислительная машина. Обоняние у человека развито настолько сильно, что позволяет ему определять в воздухе примеси химических веществ в таких концентрациях, что для обнаружения их — при помощи самого чувствительного анализатора — концентрации надо увеличить в 10 000 раз. Эти примеры говорят о целесообразности использования биологических систем для моделирования.

ИЗУЧЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА И ЕГО РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Физиология. Изучение физиологии человека при воздействии стрессовых факторов дает новую информацию об устойчивости (или адаптации) человека к условиям космического полета. Изучение химии физиологических процессов, особенно гормонов, — наиболее важная область физиологии стресса. Например, выделение нейrogормона вазопрессина обусловлено деятельностью головного мозга при воздействии стрессовых факторов, причем количество выделяемого вазопрессина пропорционально усилению стресса. Поэтому точное определение количества вазопрессина в крови может служить показателем глубины шока или тяжести стресса.

Недавно Эймсский научно-исследовательский центр разработал новую методику определения количества вазопрессина в крови. Этот метод более чувствителен и достоверен, чем применяемый раньше, и не требует сложной аппаратуры.

Типично стрессовым фактором космического полета является ускорение. При

воздействии ускорения на человека изменяется зрительное восприятие различных объектов (окулогравическая иллюзия). В школе авиационной медицины ВМС США анализировались различные иллюзии, возникающие при ускорениях. Было установлено, что ускорения, действующие в направлении «спина — грудь», вызывают иллюзорное перемещение цели в поле зрения вверх.

Ионизирующая радиация. Другим стрессовым фактором космического полета служит радиация. Эманация ионизирующих частиц высокой энергии (главным образом протонов) при солнечных вспышках представляет опасность для человека.

В настоящее время Национальное управление авиации и освоения космического пространства (НАСА) при определении дозы протонов пользуется биологическими системами, начиная от отдельной живой клетки до живого организма в целом (мыши, крысы, обезьяны). Эти исследования проводятся в Эймсском исследовательском центре, Калифорнийском университете (Беркли), авиационной базе Брукс и в Гарвардском университете. В Калифорнийском университете на циклотроне проводятся исследования общего облучения тела обезьяны протонами.

Уже получено много данных о действии протонов на млекопитающих. Смертельное действие протонов аналогично действию гамма-лучей, с той разницей, что при действии протонов возникает поражение кишечника, а при гамма-излучении страдает кроветворная система. Это и служит основной причиной смерти. Намечено изучение сублетальных доз радиации, аккумулированной организмом во время длительного облучения.

Микробиология. Необходимо знать, какое влияние на бактериальную флору оказывают невесомость, радиация, характер питания космонавта в полете, состав атмосферы, давление и ограниченное пространство кабины.

Наибольшее число бактерий у человека накапливается в кишечном тракте. Фирма Рипаблик-Эвиейшн Корпорейшн проводит исследования по определению преобладающей нормальной флоры в кишечнике у молодых мужчин. В течение 6 месяцев при соблюдении ими нормальной диеты производился анализ кала. Было выявлено 20 видов различных анаэробных бактерий, часть которых в литературе не описана. Основные усилия специалистов сейчас направлены на изучение роли этих бактерий в организме человека

и последствий воздействия космического полета на бактериальную флору.

Суточный ритм. В космическом полете человек длительное время находится в стабильной среде. Наземные факторы, оказывающие влияние на суточный ритм физиологических функций либо отсутствуют, либо изменены. Это может привести к изменению физиологического цикла, а также оказать влияние на работоспособность человека.

В научно-исследовательской лаборатории ВМС в Нью-Лондоне изучается действие стабильной среды на периодичность физиологических функций и работоспособность. Была использована барокамера, в которой имитировались температура тела и психомоторные реакции, записывались электроэнцефалограмма и электрокардиограмма. Сутки для испытуемых были увеличены до 25,7 час. Результаты испытаний показали, что периодичность суточного ритма оставалась индивидуальной и не зависела от факторов окружающей среды. Физиологические реакции и работоспособность испытуемых находились в пределах нормы.

Биоаппаратура. Для изучения влияния на организм человека факторов космического полета необходима новая аппаратура, регистрирующая психофизиологические функции. Эймсский научно-исследовательский центр разрабатывает прибор на базе ушного оксиметра. Прибор предназначен для определения насыщения крови кислородом, регистрации кровяного давления, частоты сердечных сокращений и скорости пульсовой волны.

Сконструирован прибор для анализа физиологических функций кровяного давления. Оценка прибора проводится в Эдвардском летном испытательном центре. Этот центр заключил также контракт на создание масс-спектрометра, который будет применяться на борту космических кораблей для анализа атмосферы кабины. Вес прибора около 16 кг.



Регистрирующие приборы для записи некоторых физиологических функций космонавтов в полете

СИСТЕМА «ЧЕЛОВЕК — МАШИНА»

При обсуждении этой проблемы основное внимание уделяется эффективности роли человека в авиакосмических системах. Помимо изучения психофизиологических функций у космонавтов, в Хьюстонском центре по разработке пилотируемых космических кораблей проводятся исследования в области инженерной психологии, осуществляется специальная подготовка космонавтов.

По результатам исследований способности человека совершать действия — «ручку на себя» и «ручку от себя» — в имитируемой невесомости установлены критерии для устройств, фиксирующих космонавта в космическом полете. Невесомость в этих исследованиях имитировалась путем создания «воздушной подушки» или погружением испытуемых в воду. Испытуемые были одеты в космические скафандры, созданные для экипажа корабля «Аполлон». В этих условиях, при выполнении упражнения «ручку на себя», испытуемые расходовали 40—50% энергии по сравнению с наземными условиями. В ходе исследований разработаны новые методы тренировки космонавтов и фиксации их к рабочему месту.

В Эймсском исследовательском центре разрабатывается комплекс стандартов для изучения работоспособности космонавтов.

Этот комплекс состоит из 25 стандартов, скомпонованных в одном приборе весом в 40 кг. Он может быть использован на стендах и космических кораблях. С помощью такого прибора можно определить степень интеллектуальной напряженности, двигательную и чувствительную функции центральной нервной системы как у отдельного испытуемого, так и целой группы.

Несколько психологических проб было проведено фирмой Боинг в 30-суточном эксперименте по испытанию системы обеспечения жизнедеятельности. Выяснилось, что по мере увеличения продолжительности эксперимента моральное состояние у испытуемых ухудшается, повышается раздражительность.

Калифорнийский университет разработал программу исследований зрения человека в условиях космического полета. Хотя методика расчета зрительного восприятия цели хорошо известна, сам процесс расчета очень утомителен. Для сокращения времени расчета Лаборатория зрения Калифорнского университета предложила новую методику расчета и проверку данных по зрению — с помощью электронно-вычислительной техники.

В планах проведения лунных исследований Маршалльский центр космических полетов проводит изучение проблемы «человеческих факторов», связанной со средствами передвижения по Луне. Исследования ведутся в четырех направлениях: анализ задач системы «человек — машина»; критерии системы «человек — машина»; передвижение системы «человек — машина»; методология определения эффективности системы. Исследования проводятся с участием испытуемых — экипажей лунных самоходных установок, предназначенных для передвижения по поверхности Луны на расстояние до 500—600 км от базы со скоростью 1,6 км/час.

В Ленглийском научно-исследовательском центре исследования ведутся с целью получения информации о способностях человека передвигаться и работать в условиях лунной гравитации. В этом центре для имитации лунной гравитации ($1/6$ земной) был создан специальный стенд. Испытуемые, одетые в обычную одежду, высотный костюм без избыточного давления, или в высотный костюм с избыточным давлением, выполняют различные упражнения: бег, прыжки, ходьбу, подъем с шестом.

Работоспособность испытуемых в условиях имитируемой лунной гравитации сопоставлялась с их работоспособностью при нормальной, земной гравитации. Если при нормальной гравитации люди в обычной одежде могли прыгать в высоту на 0,6 м, а в высотном костюме с избыточным давлением — на 0,3 м, то в условиях имитируемой лунной гравитации эти прыжки были в 7—8 раз выше.

Продолжаются исследования по энергозатратам в условиях имитируемой лунной гравитации. Результаты этих работ будут способствовать установлению критериев для разработки конструкций лунных самоходных установок.

В экспериментах по перенесению тяжестей установлено, что при земной гравитации испытуемые могли нести на спине оптимальный груз 21—23 кг; в условиях же имитируемой лунной гравитации оптимальный груз увеличивался до 136 кг, т. е. отношение составляет примерно 6 : 1.

Ленглийский центр проводит исследования по инженерной психологии в связи с разработкой конструкций плюзовых устройств космических кораблей, обеспечивающих выход человека в открытый космос. Уточняются формы и объем плюзовых камер. Для этого необходимы данные о возможности выполнения космонавтом (в условиях невесомости) различных работ в скафандре, с ранцем, обеспечивающим жизнедеятельность, но, в то же время, ограничивающим свободу движений.

Эти исследования проводятся как в самолете, так и при погружении в воду космонавтов, одетых в скафандры. При этом отрабатываются приемы входа и выхода космонавта через плюзовые камеры, погруженные в воду. Продолжаются поиски наиболее рациональных форм и размеров люков плюзовых камер, наиболее эффективных способов их открывания, отрабатываются требования к вспомогательным средствам, например ручкам крышкам люка, привязным устройствам и т. д. Все эти исследования окажут большую помощь в решении проблем, связанных с передвижением и работой космонавта в условиях невесомости.

СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ЗАЩИТНЫЕ СРЕДСТВА

Исследования по обеспечению жизнедеятельности ведутся в таких направлениях: разработка замкнутых систем обеспечения

жизнедеятельности для космических кораблей; защитных систем для космических скафандров; индивидуальных систем обеспечения жизнедеятельности; индивидуальных маневренных установок для передвижения в открытом космосе.

Фирма Дженерал Дайнамик Астронавтик завершила исследования по созданию замкнутой системы обеспечения жизнедеятельности, которая позволяет сократить необходимые ресурсы для одного человека в сутки до 7,2 кг. (Система обеспечения жизнедеятельности космического корабля «Аполлон» рассчитана на 14,5 кг для человека в сутки.) В дальнейшем, с использованием замкнутых систем, ресурсы на каждого члена экипажа космического корабля можно сократить до 3,6 кг в сутки.

При определении минимального расхода ресурсов следует учитывать потери газовой смеси из космического корабля вследствие утечки при открывании крышки люка.

В апреле 1964 г. фирма Боинг провела 30-суточный эксперимент по испытанию частично замкнутой системы обеспечения жизнедеятельности, с участием пяти человек. В этой системе кислород для дыхания получался

регенеративным путем из химических веществ (надперекиси натрия).

В течение первых 10 дней испытуемые употребляли частично обезвоженные пищевые продукты. Пища для употребления готовилась путем добавления к обезвоженным продуктам (в специальные целофановые мешочки) воды, имеющей температуру 32° С.

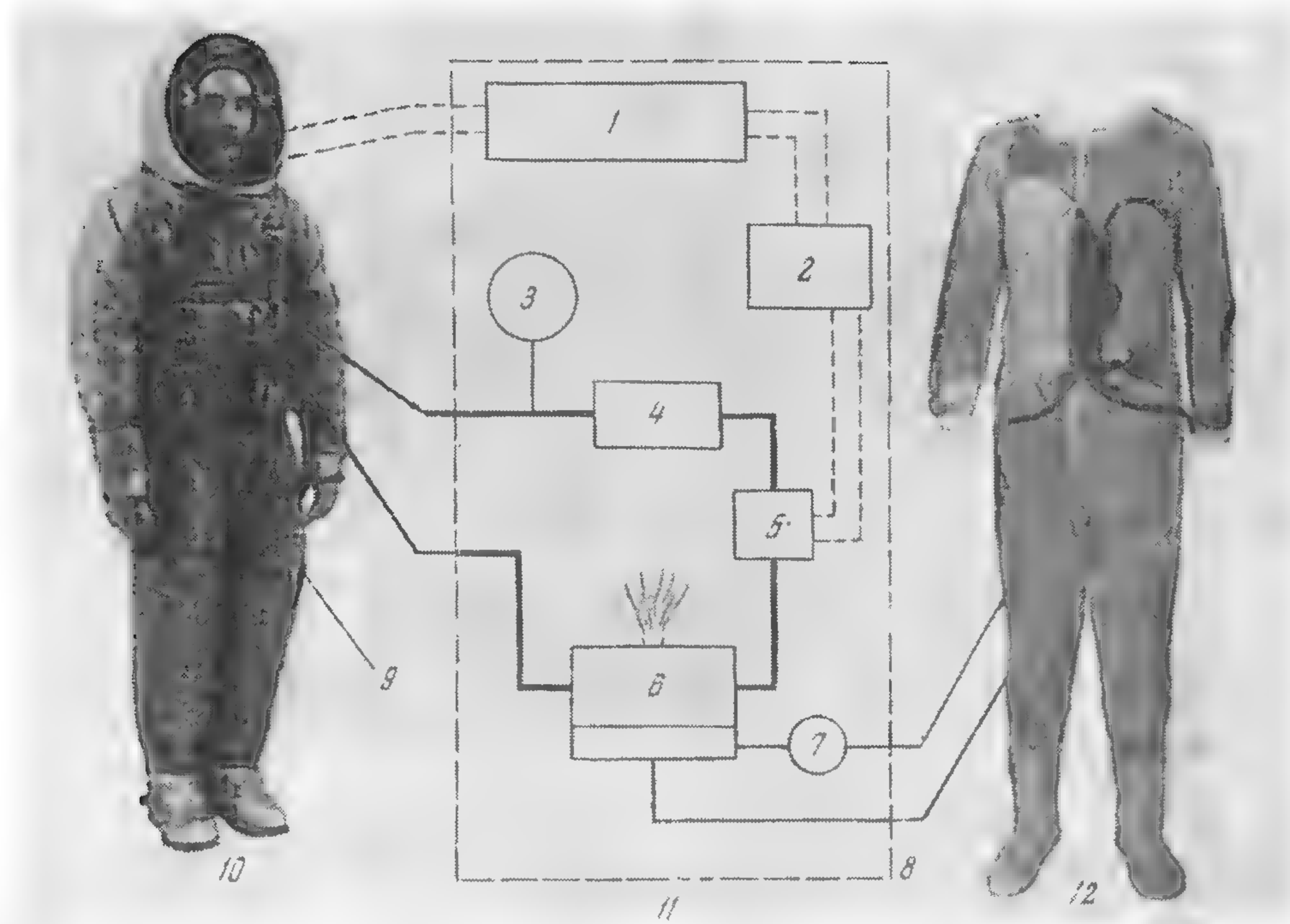
В течение остальных 20 дней эксперимента для приготовления готовой пищи использовалась вода с температурой от 7,7° С до 73,8° С.

В этом эксперименте была использована биологическая система удаления продуктов жизнедеятельности. Моча и фекалии перерабатывались в биологических активаторах.

Каталитический реактор, использованный в эксперименте для поддержания атмосферы барокамеры в чистом состоянии, не мог полностью удалять из газовой среды вредные химические примеси. В ходе эксперимента было доказано, что материалы, из которых была изготовлена барокамера, сами служат источником загрязнения газовой смеси.

Осенью 1965 г. фирмой Дженерал Дайнамик Астронавтик была испытана более со-

Ранцевая система обеспечения жизнедеятельности для выходного скафандра «Аполлон»: 1 — телеметрическая связь; 2 — батарея; 3 — кислород; 4 — гидроокись лития; 5 — вентилятор; 6 — теплообменник; 7 — насос; 8 — контур водяного охлаждения; 9 — контур воздушного охлаждения; 10 — скафандр; 11 — ранцевая система жизнеобеспечения; 12 — костюм с системой водяного охлаждения

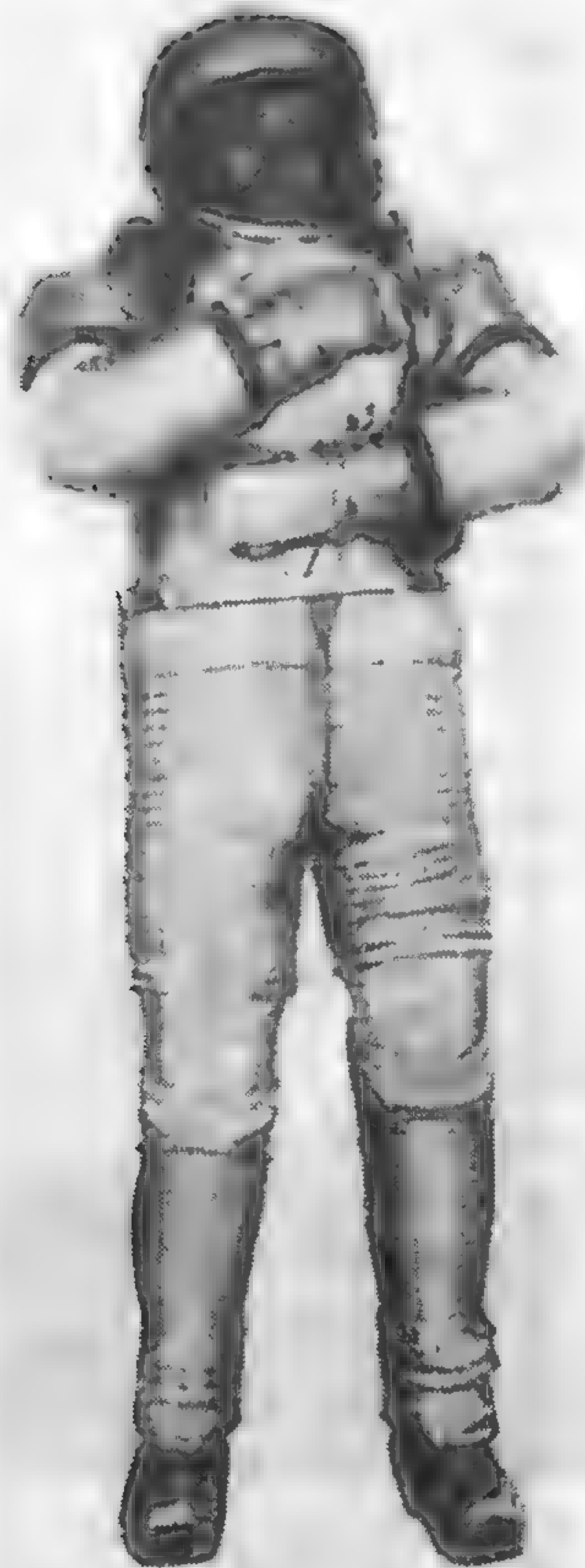


вершенная система обеспечения жизнедеятельности. Регенерация кислорода и воды в этой системе осуществляется из газообразных и жидких отходов. Система рассчитана на четырех человек. Она использует тепло, выделяемое другими агрегатами и позволяет непрерывно производить регенерацию воды, пригодной для питья, приготовления пищи и санитарных нужд.

Проводятся исследования с применением реверсивного (обратимого) метода регенерации воды. Ведутся также исследования электромеханических способов снижения количества мочевины в моче. Для осаждения мочевины используются не химические вещества, а электроэнергия, что дает возможность экономить вес.

Исследуется возможность применения более эффективных методов регенерации кислорода из расплавленных электролитов, которые одновременно могут удалять и углекислый газ. Одна такая установка может заменить ряд агрегатов системы регенерации кислорода и поглощения углекислого газа и других вредных газообразных примесей. Фирма Вестингауз Электрик Компани разрабатывает новый анализатор кислорода с использованием керамического чувствительного элемента, который более устойчив в работе, чем существующие анализаторы.

Поскольку системы регенерации пищи в космических кораблях еще не разработаны, в течение некоторого времени будут применяться обезвоженные пищевые продукты. Изучается возможность применения жидкой пищи в течение длительного времени. Эймсский исследовательский центр приступил к исследованиям по регенерации пищи, что позволит в будущем значительно сократить ее запасы. Технология защитных систем включает разработку космических скафандров, средств передвижения в открытом космосе, на поверхности других планет, а также



Металлический космический скафандр

систем для покидания космического корабля, фиксации космонавта и аварийно-спасательного снаряжения. Эти системы обеспечивают защиту человека в космосе от микрометеоритов, космической радиации, вакуума, экстремальных температур в открытом космосе и на поверхности других планет.

Что касается скафандров, то разработки ведутся в направлении создания «жестких» и «мягких» конструкций. Жесткие скафандры, изготовленные из металла, обеспечивают защиту от микрометеоритов и радиации. Подвижность такого скафандра обеспечивается специальными шарнирными устройствами в местах сочленений. Мягкие скафандры также обеспечивают защиту человека, но эти скафандры имеют лучшую подвижность и в них не ощущается давления жестких деталей. В космическом скафандре корабля «Аполлон» учтены особенности «жесткой» и «мягкой» конструкций.

Система охлаждения современного космического скафандра основана на выведении

тепла от космонавта с помощью вентиляции. В скафандре программы «Аполлон» наряду с вентиляцией используется система водяного охлаждения, представляющая из себя переплетение пластмассовых трубок, по которым циркулирует вода. Эти трубки вмонтированы в одну из оболочек скафандра. Циркулирующая вода, соприкасаясь с поверхностью тела космонавта, и отводит тепло. Фирма Гаррет Корпорейшн изучает возможность применения радиационного способа удаления тепла, с использованием самой конструкции скафандра.

Ленглийский центр исследует новые способы сборки скафандров и работает над улучшением их подвижности. Эймсский исследовательский центр ведет разработку новых систем фиксации космонавта и скафандра к креслу в целях защиты космонавта от возможных травм при ударных перегрузках.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОБЛЕМ БИОТЕХНОЛОГИИ В КРАТКО- ВРЕМЕННЫХ ПОЛЕТАХ

Проверка решенных проблем биотехнологии осуществляется во время полетов на самолетах и космических кораблях. Во время полета приобретает-ся та информация, кото-рую нельзя получить в наземных экспериментах. В центре летных иссле-дований НАСА ведутся исследования физиологи-ческих функций летчиков во время полетов на само-летах. Регистрация физио-логических параметров проводится непрерывно в течение всего полета спе-циальными датчиками, не создающими помех работе летчика. Эти биоприборы, подключенные к ленточ-ному магнитофону, авто-номны. Датчики прикреп-лены к телу летчика и вхо-дят в комплект его одежды.

Эймсский исследова-тельский центр разрабаты-вает вариант летного экспе-римента, в котором у мор-ских свинок будут регист-рироваться нервные импульсы с одиночных нервных волокон чувствительных клеток ото-литового органа. Наряду с этим будет произ-водиться регистрация электрокардиограммы.

Перспективные исследования направле-ны на поиски дальнейших путей интеграции системы «человек — машина». Задача уп-равления космическим кораблем может пре-взойти способности человека. Одним из



Биоприборы в скафандре программы «Джемини»: 1 — термометр для измерения температуры тела через рот; 2 — электроды; 3 — манжета прибора для измерения кровяного давления; 4 — микрофон; 5 — резиновый баллон для нагнетания воздуха в манжету; 6 — сигнальное устройство кондиционера; 7 — биоконнектор (штекер)

так же, как происходит управление движе-нием конечностей. Университет в Джорджии проводит неврологические исследования с целью определения электромагнитных харак-теристик импульсов нейронов. Эти исследо-вания также направлены на дальнейшее усо-вершенствование способов управления кос-мическим кораблем.

УДК 613.693

ограничивающих факто-ров служит время, прохо-дящее между поступле-нием чувствительных им-пульсов в головной мозг, их трансформацией в коман-дные сигналы и обратным поступлением к рабочим органам для выполнения необходимых движений.

Прямая связь между органом зрения и механи-ческой системой должна быть выполнена так, чтобы лимит времени не мог ока-зывать существенного влия-ния на выполнение дей-ствия. Изучаются возмож-ности создания прибора, который мог бы по движе-ниям глазных яблок обра-зовывать управляющие им-пульсы для подачи коман-ды системе управления. Имея такой прибор, ко-смонавты смогут управлять космическим кораблем с помощью одних глаз.

Исследуется также воз-можность прямой передачи командных сигналов от че-ловека к системам корабля непосредственно из цент-ральной нервной системы через органы управления

ЛИТЕРАТУРА

1. Statement of Walton Jones, acting director biotechnology and human research office of advanced research and technology NASA before the subcommittee on advanced research and technology committee on science and astronautics house of representatives, 1965.
2. Romain Octave. Space and lunar support, «Space and Aeronautics», 1961, v. 36, N 5.
3. Life support for long—duration missions, «Astronautics and Aerospace Eng.», 1963, v. 1, № 7.
4. Rovit Bernard. The space suit, «Space and Aeronautics», 1965, v. 43, N 6.

Серебристые облака

Профессор И. А. Хвостиков

Абастуманская астрофизическая обсерватория Академии наук Грузинской ССР

На широтах Москвы, Таллина, Свердловска, Томска и в местах, расположенных еще севернее, иногда можно увидеть особого рода облака, светящиеся серебристым светом. Они появляются летними вечерами на фоне сумеречного неба, когда солнце уже опустилось под горизонт. Наблюдение этих облаков, получивших название серебристых (их иногда называли «ночными светящимися») и отличающихся необычайными свойствами, долгое время оставалось уделом преимущественно астрономов-любителей. Но в последнее время это замечательное природное образование становится объектом серьезных исследований многих научно-исследовательских институтов Советского Союза, Англии, Швеции, Норвегии, США и других стран. Сейчас стала вырисовываться связь вопроса о природе серебристых облаков с некоторыми фундаментальными проблемами физики верхней атмосферы Земли. Сам вопрос об их природе оказался более интересным и сложным, чем представлялось прежде многим исследователям. Геофизики, совместно с физиками, астрономами, исследователями космического пространства сейчас мобилизуют разнообразные средства наблюдений и измерений, запускают в серебристые облака специально оборудованные ракеты, пытаясь получить необходимые экспериментальные данные.

Базисными стереофотограмметрическими измерениями давно было установлено, что серебристые облака появляются всегда на очень большой высоте, в среднем 80—85 км, т. е. на уровне мезопаузы.

ЧТО ТАКОЕ МЕЗОПАУЗА?

Земная атмосфера в своей вертикальной протяженности весьма неоднородна. Можно выделить много областей (или слоев), находящихся на разной высоте и значительно отличающихся друг от друга своими свойства-

ми, например: стратосфера, озоносфера, ионосфера. Появилась необходимость определить номенклатуру атмосферных слоев. По недавно достигнутому международному соглашению основная номенклатура слоев определяется по признаку температурного расслоения атмосферы. На рис. 1 схематически показан профиль температуры атмосферы. Две области — тропосфера (от уровня земли до высоты 10—15 км) и мезосфера (от 50—55 до 80—85 км) отличаются быстрым уменьшением температуры с высотой. В стратосфере температура или мало меняется по вертикали (нижняя стратосфера, от 10—15 до 30—35 км), или увеличивается с высотой (верхняя стратосфера, от 30—35 до 50—55 км). Над мезосферой располагается область, где температура увеличивается с высотой, — это термосфера. Кроме того, условились назвать «паузой» верхнюю границу данной области: тропопауза отделяет тропосферу от стратосферы, стратопауза — стратосферу от мезосферы, а переходная область от мезосферы к термосфере — это мезопауза. Как раз в мезопаузе и располагаются обычно серебристые облака.

О ПРОИСХОЖДЕНИИ СЕРЕБРИСТЫХ ОБЛАКОВ

Главный вопрос теории серебристых облаков, вокруг которого десятки лет ведутся жаркие споры, относится к составу серебристых облаков. Все «обычные» облака имеют водный состав: облачные частицы в них — это капельки воды или кристаллики льда. Предположение о водном составе серебристых облаков давно было отвергнуто, поскольку в стратосфере и более высоких слоях атмосферы водных паров значительно меньше, чем нужно для насыщения воздуха и образования капелек и кристалликов. Поэтому сложилось мнение, что серебристые облака состоят из пылинок — частичек метеорного

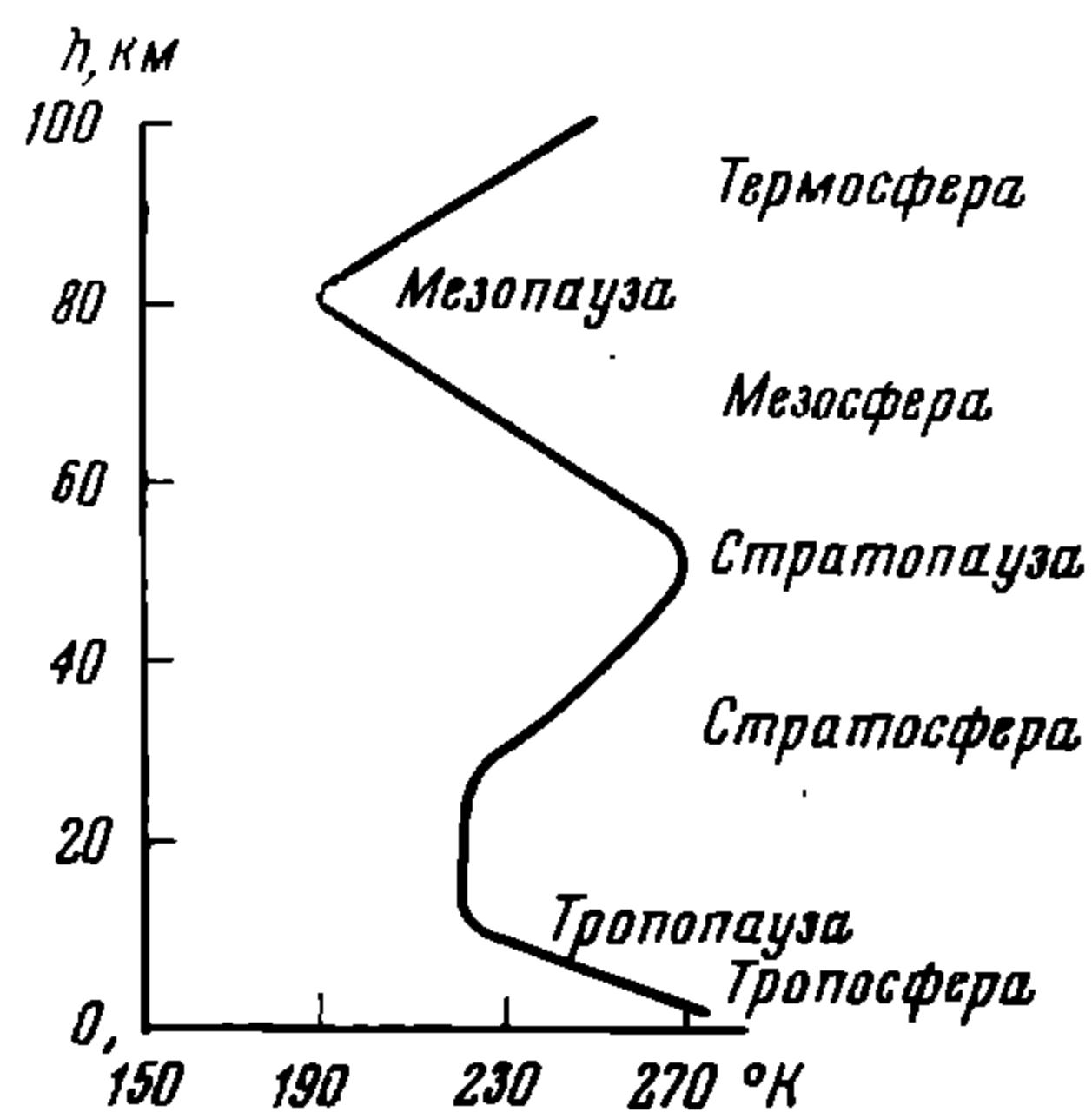


Рис. 1. Изменение температуры атмосферы Земли с высотой

или вулканического происхождения. Правда более полные сопоставления заставили отказаться от предположения о вулканическом происхождении пылевого вещества, образующего серебристые облака (или во всяком случае отодвинуть его на второй план). Но факт непрерывного накопления метеорного вещества в высоких слоях атмосферы хорошо известен, и этот вариант объяснения серебристых облаков не встречался с трудностью «нехватки» облакообразующего материала в высоких слоях атмосферы. Гипотеза о пылевом составе серебристых облаков на долгое время стала общепризнанной.

ДВЕ ГИПОТЕЗЫ

Однажды громко было заявлено о возможности водного происхождения серебристых облаков. Это было в 1933 г., когда известный американский метеоролог Хамфрис опубликовал расчеты, выясняющие возможные условия образования серебристых облаков из паров воды. Он подсчитал, что если принять для относительного влагосодержания воздуха в высоких слоях атмосферы (т. е. массы паров, содержащихся в единице массы воздуха, — измеряется в граммах на грамм) значение $\beta = 1 : 4000 \text{ г/г}$, то пары стали бы насыщающими при температуре 160°K . Так впервые возникло представление о слое появления серебристых облаков как области, отличающейся весьма низкими температурами. Это была первая попытка связать теорию их происхождения с вопросами строения верхней атмосферы Земли. Однако эта выдающаяся работа Хамфриса не получила дальнейшего развития. Взгляда на серебристые облака как на скопления пылевой материи продолжали придерживаться почти все исследователи. И лишь в 1952 г. снова заговорили о возможности образования в мезопаузе облаков, состоящих из кри-

сталликов льда. Простой термодинамический анализ в сопоставлении с представлениями о строении высоких слоев атмосферы, сложившимися к этому времени на основе данных ракетного зондирования атмосферы, показывал, что в атмосфере Земли должны существовать «запрещенные» зоны, где образование водяных облаков принципиально невозможно. В этих зонах общее атмосферное давление p меньше упругости водяных паров E , насыщающих пространство при той температуре, которая характерна для данной высоты. Оказалось (рис. 2), что в земной атмосфере запрещенная зона начинается с высоты около 30 км и продолжается примерно до 75 км. Лишь в тонком слое мезопаузы, где температура воздуха низка, а поэтому мала и упругость насыщающих водяных паров, этот запрет снимается (здесь $E < p$); в термосфере же опять действует формула $p < E$. Из наблюдений известно, что облака образуются только в тропосфере и нижней стратосфере. Самые высокие из них — так называемые перламутровые — появляются на уровне 22—28 км. В обширной области простирающейся от 30 до 75 км, облака вообще не наблюдаются. Но в слое 80—85 км обнаруживаются серебристые облака.

Так получила ясное физическое объяснение важнейшая особенность этих облаков — огромная высота их образования и удивительное постоянство, в среднем, этой высоты. (Американские ученые теперь применяют сформулированный выше принцип запрета для изучения возможности облакообразования в планетных атмосферах.)

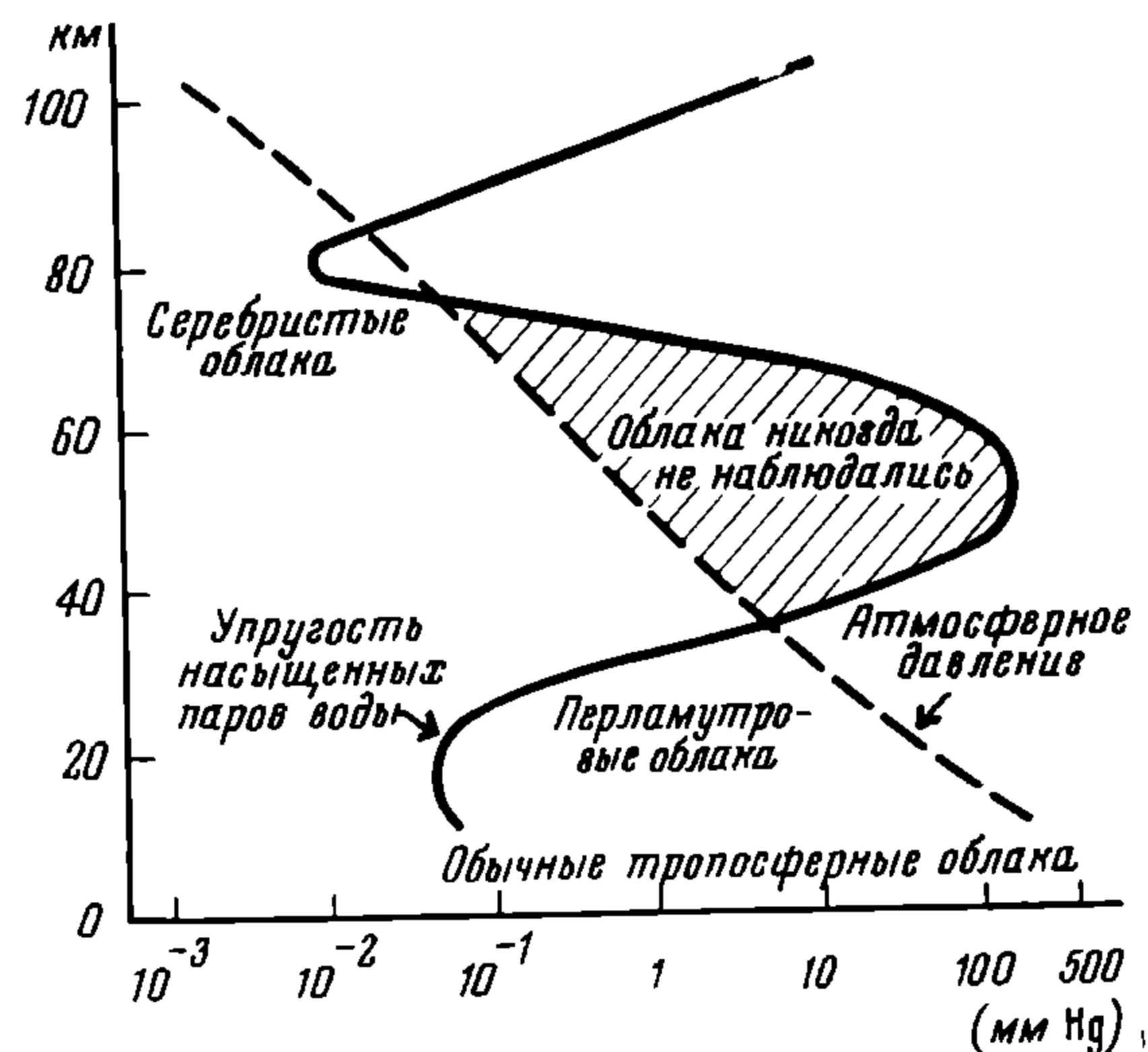


Рис. 2. Ход упругости водяных паров в атмосфере Земли с высотой

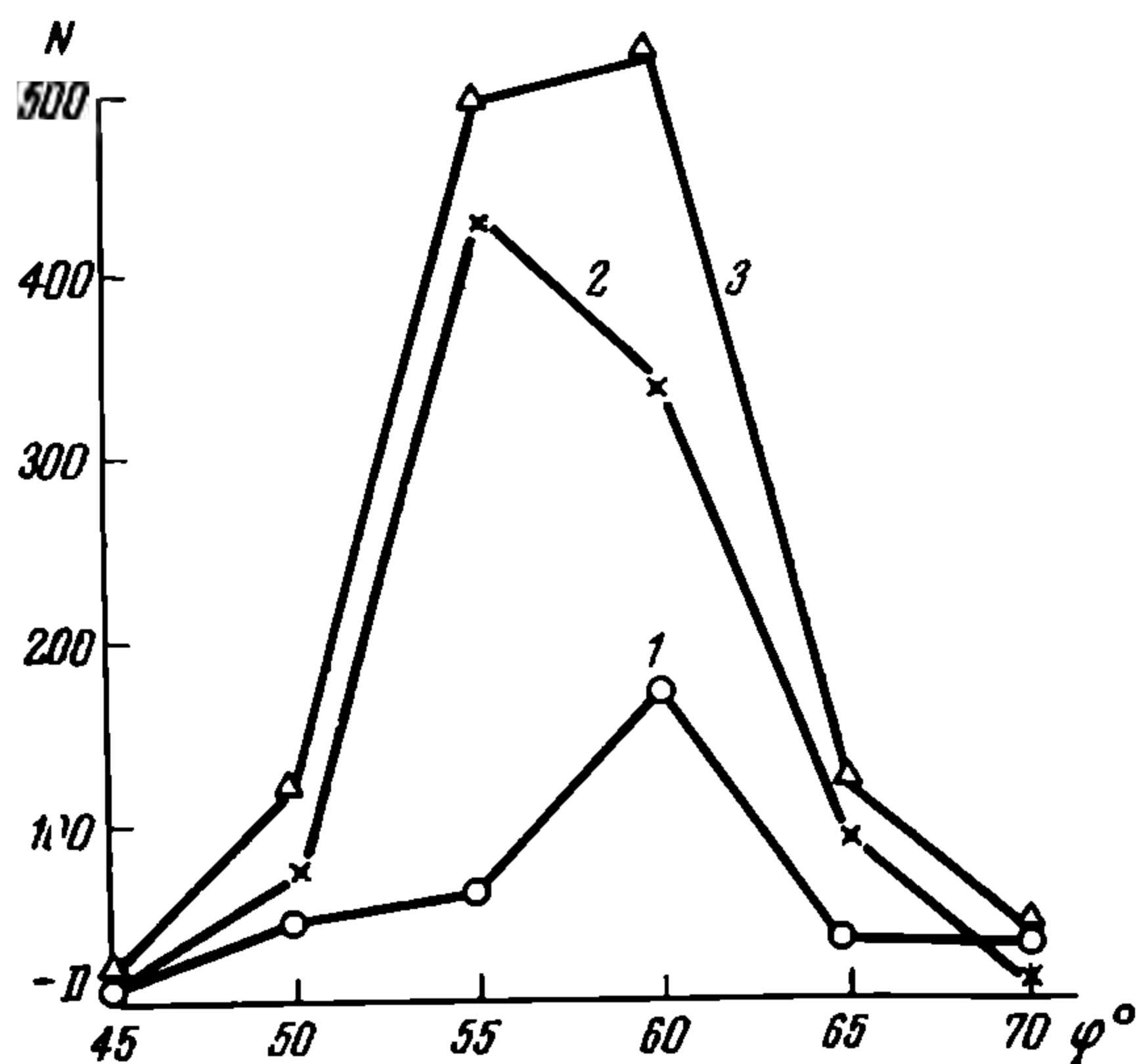


Рис. 3. Распределение числа случаев N видимости серебристых облаков по широтам (по данным МГГ): 1 — 1957 г.; 2 — 1958 г.; 3 — 1957-1958 гг.

Однако до самого последнего времени сторонники гипотезы водного происхождения серебристых облаков оставались в меньшинстве. Лишь советские геофизики и астрономы Н. И. Гришин, В. А. Бронштэн, Ч. И. Виллманн дружно ее поддерживали и развивали. Но большинство зарубежных исследователей считало слишком рискованным допускать присутствие в высоких слоях атмосферы достаточно больших концентраций молекул H_2O и поэтому отвергло гипотезу водной природы серебристых облаков. Возможность образования серебристых облаков в результате конденсации пара воды, писал Ф. Х. Ладлам, невероятна, «поэтому естественно обратиться к серьезному рассмотрению теорий, рассматривающих серебристые облака как скопления пыли, принесенной на соответствующие высоты с земной поверхности или из межпланетного пространства»¹.

ГДЕ ОБРАЗУЮТСЯ СЕРЕБРИСТЫЕ ОБЛАКА?

Высота серебристых облаков — не единственная замечательная особенность их пространственного распределения. Не меньшее значение имеют данные об их географическом распределении и сезонности. Серебристые облака не наблюдаются южнее 45-й параллели (в Северном полушарии), они видны преимущественно в узкой широтной зоне 50—70°. Чаще всего они появляются в летние месяцы (рис. 3 и 4).

¹ УФН, т. 65, 1958, № 3, стр. 407—440.

Если последовательно придерживаться гипотезы водного состава серебристых облаков и руководствоваться принципом запрета облакообразования, то нужно предположить, что наиболее низкие температуры встречаются в высоких слоях атмосферы на высоте около 85 км, на широтах 50—70° и притом летом. Этот вывод не соответствовал существовавшим до последних лет представлениям о тепловом режиме верхней атмосферы Земли. Казалось особенно странным, что атмосфера Земли на уровне мезопаузы летом холоднее, чем зимой. Теория теплового режима верхней атмосферы Земли даже в своих последних вариантах не допускает такой возможности. Например, по вычислениям К. Лёви, опубликованным в 1964 г., зимняя мезопауза имеет температуру 150—190° К, а летняя 240—250° К, т. е. летняя мезопауза намного, на 70—80°, должна быть теплее зимней; минимум температуры приходится на зимнюю мезопаузу над полюсом (140—150° К).

Однако подобные расчеты не подтверждаются экспериментами. Ракетное зондирование атмосферы, проводимое систематически в СССР и США, позволило изучить ее фактический тепловой режим на уровне 50—100 км. Настоящим успехом конденсационной теории серебристых облаков явилось доказательство того, что действительно верхняя атмосфера Земли летом намного холоднее, чем зимой (рис. 5).

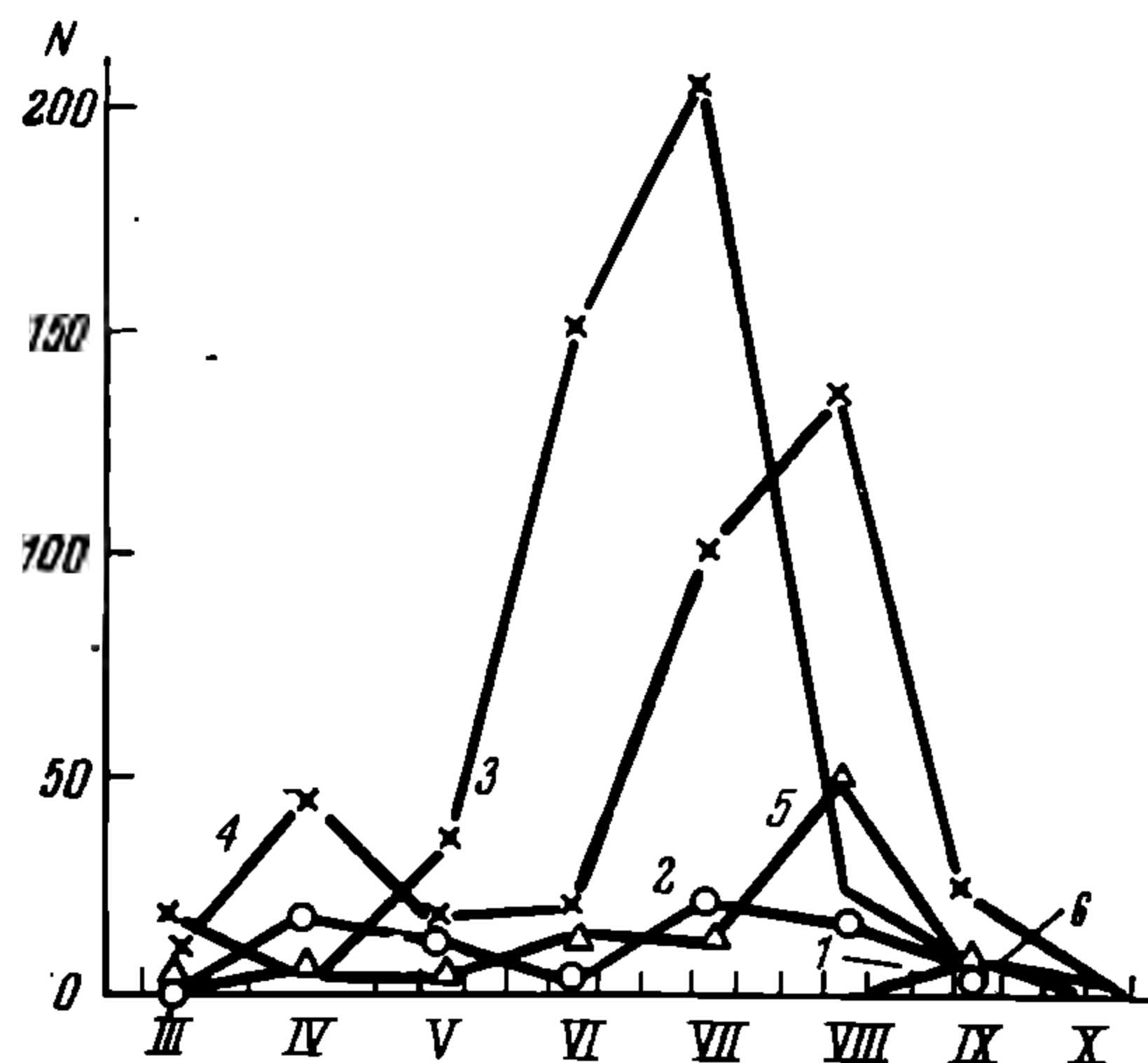


Рис. 4. Распределение числа случаев N видимости серебристых облаков по месяцам и широтам в 1958 г. (по данным МГГ): 1 — 45°; 2 — 50°; 3 — 55°; 4 — 60°; 5 — 65°; 6 — 70°

РАКЕТЫ ЛЕТАТ СКВОЗЬ СЕРЕБРИСТЫЕ ОБЛАКА

Летом 1962 г. был осуществлен решающий эксперимент, которого давно ждали: ракеты, оснащенные соответствующей аппаратурой, были запущены прямо в серебристые облака. В этом шведско-американском эксперименте участвовали Физический отдел метеорной физики Кембриджской исследовательской лаборатории ВВС США, Институт метеорологии Стокгольмского университета и Обсерватория Дадли (США). В Северной Швеции, в пункте с координатами 66° с.ш., 19° в.д. 7 и 11 августа были удачно запущены две ракеты «Nice Cajun», еще две ракеты были запущены неудачно. 7 августа небо было ясное, серебристых облаков не было, а 11 августа ракета была запущена прямо в поле серебристых облаков. В алюминиевом контейнере, в головной части ракет, была установлена аппаратура для взятия проб аэрозольных частиц из высоких слоев атмосферы¹. Контейнер раскрывался на высоте 75 км и снова закрывался на уровне 98 км. Анализ полученных проб показал наличие твердых частиц размером в доли микрона. Рентгеноструктурный анализ микропроб показал, что частицы состоят в основном из железа и никеля, причем отношение $Fe : Ni \cong \cong 10 : 1$, как в метеоритах, что указывает на метеорную природу частиц. Их число 11 августа оказалось в 100—1000 раз больше, чем 7 августа. Причем 11 августа все крупные частицы, если их рассматривать в электронный микроскоп на фоне подложки (пленки нитроцеллюлозы, покрытой фуксином), были окружены необычными кольцами. Лабораторные исследования показали, что эти кольца образовались после таяния ледяных оболочек, окружавших частицы серебристых облаков в момент забора пробы.

Интерпретация полученных данных о числе и размере твердых частиц 7 и 11 августа требует разработки теории, учитывающей особенности измерений на ракетах, летящих со сверхзвуковой скоростью. Нужны расчеты, учитывающие обтекание ракеты воздушным потоком, а вместе с ним — и мелкими частицами. Заполучить частицу из свободной атмосферы на поверхность заборника, мчащегося с огромной скоростью (в данном случае — около 800 м/сек), — это не такое простое дело. В теории должны быть приняты во внимание и рыскания ракеты, и изме-

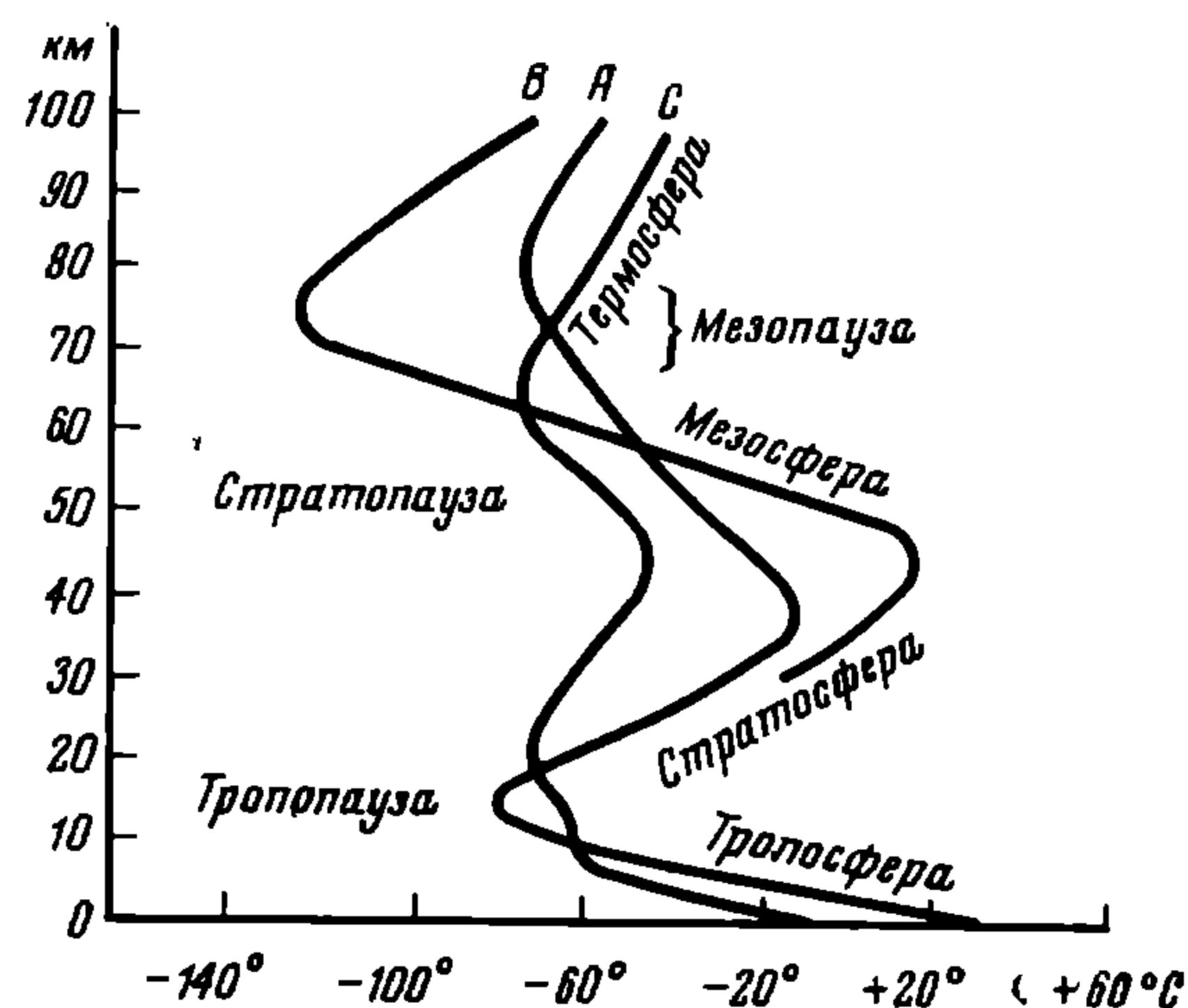


Рис. 5. Средний ход изменения температуры атмосферы Земли с высотой: для экваториальной области (А), для середины лета на широте 70° (В) и середины зимы на широте 70° (С)

нение угла атаки (11 августа угол атаки был больше), и существование горячего пограничного слоя. Подобная теория пока отсутствует, поэтому мы не будем останавливаться на этой стороне дела. Но обнаружение льда в составе частиц серебристых облаков — это фундаментальный результат шведско-американского эксперимента, имеющий принципиальное значение для физики атмосферы. Теория водного происхождения серебристых облаков получила теперь прочное основание.

Чтобы правильно понимать смысл результатов шведско-американских экспериментов, нужно помнить, что частицы обычных (тропосферных) облаков также обязательно имеют ядра конденсации, в основном пылевые частицы. Серебристые облака появляются в метеорной зоне земной атмосферы, и естественно ожидать, что в них ядрами конденсации должны служить преимущественно частицы метеорного происхождения. Поэтому присутствие метеорной материи в составе серебристых облаков несколько не нарушает цельности концепции их водного происхождения.

СКОЛЬКО ВЛАГИ В ВОЗДУХЕ МЕЗОПАУЗЫ?

Присутствие льда в составе частиц серебристых облаков подтверждает правильность теории водного их происхождения, столь долго и упорно отрицавшейся многими. Однако это открытие не означает, что вопрос о происхождении серебристых облаков теперь стал до конца ясным. Наоборот, возникшая в проблеме серебристых обла-

¹ См. «Природа», 1964, № 1, стр. 95—99.

ков новая ситуация ставит перед теорией ряд новых трудных вопросов. Если до недавнего времени считалось, что на высотах 25—30 км и выше влагосодержание воздуха β может временами (в некоторых географических районах) достигать высоких значений (вплоть до $\beta = 10^{-4}$ г/г), то теперь установлено, что подобные результаты были обусловлены, по-видимому, погрешностями эксперимента и что в среднем влажность воздуха в верхней стратосфере и мезосфере (выше 30 км) порядка $\beta = 4 \cdot 10^{-6}$ г/г. В большой степени получение этого важного результата связано с работами геофизиков Ленинградского университета.

Однако этим не исчерпываются трудности, на которые наталкивается водная теория серебристых облаков. Проблема усложняется процессом фотодиссоциации молекул H_2O ультрафиолетовыми лучами Солнца. Под действием радиации с длиной волны меньшей 2400 Å происходит процесс диссоциации молекулы воды на $\text{OH} + \text{H}$, а под действием более коротковолнового излучения — на свободные водород и кислород.

Сильная фотодиссоциация обусловлена радиацией $Ly - \alpha$ с длиной волны 1216 Å. Подсчеты показывают, что фотодиссоциирующее солнечное излучение проникает в атмосферу до уровня 70 км (зимой в высоких широтах), 65 км (летом) и даже до 60 км (на низких широтах). В слое мезопаузы (80—85 км), где образуются серебристые облака, концентрация молекул H_2O уменьшается в результате фотодиссоциации во много раз. По некоторым оценкам влагосодержание воздуха β выше 75 км убывает в результате фотодиссоциации в 2,5—3 раза на каждые 3 км и составляет величину порядка $\beta \cong 5 \cdot 10^{-7}$ г/г на уровне мезопаузы.

«СОЛНЕЧНЫЙ ДОЖДЬ»

Объяснить возможность оседания влаги на центрах конденсации в мезопаузе при указанных выше условиях можно, либо предположив чрезвычайно глубокое охлаждение мезопаузы (в период появления серебристых облаков), либо допуская возможность эпизодического повышения влагосодержания β . Это последнее, в свою очередь, может произойти, вообще говоря, в результате эпизодического поднятия масс влажного воздуха из тропосферы через стратосферу в мезосферу или за счет образования дополнительных количеств молекул H_2O непосредственно в высоких слоях атмосферы. Рассмотрим более

подробно второй механизм, принимая во внимание современные данные о солнечном ветре.

Как указывалось нами в 1952 г.¹, образование дополнительных количеств молекул H_2O непосредственно в высших слоях атмосферы может стимулироваться корпускулярными солнечными потоками, содержащими, как известно, значительное число атомов водорода. Связанное с этим повышение концентрации атомарного водорода сверх равновесного значения и могло бы быть причиной увеличения концентрации молекул H_2O . Такая возможность получила интересную иллюстрацию в расчетах, опубликованных в 1961 г. де Турвиллем. Он предположил, что геомагнитное поле, эффективное в отношении захвата протонов и электронов из солнечного ветра, имеет поперечник $24,6r_z$ (r_z — радиус Земли) и что в течение времени $T = 3,3 \cdot 10^9$ лет захват водорода происходил с такой же скоростью, как и в нашу эпоху. В этом случае полная масса захваченного геомагнитным полем водорода, по подсчетам де Турвилля, составила бы $1,7 \cdot 10^{23}$ г. Полное окисление этого водорода дало бы $1,53 \cdot 10^{24}$ г воды, что близко к массе воды в океанах Земли $\sim 1,42 \cdot 10^{24}$ г. Следовательно, запасы воды в океанах могли бы накапливаться постепенно путем захвата солнечного водорода в количестве примерно 1,5 т/сек. Этот механизм накопления воды на Земле с помощью солнечного ветра можно назвать «солнечным дождем».

Конечно, столь близкое совпадение масс, очевидно, случайно, а вычисление массы «солнечного дождя», образующегося из захваченного геомагнитным полем водорода несомненно значительно сложнее, чем это сделано де Турвиллем. Можно произвести более строгие оценки такого рода, исходя из теории геомагнитной ловушки, рассматривая взаимодействие плазменного потока с «электромагнитосферой» Земли и учитывая кинетику химических реакций, приводящих к образованию соединений водорода в высоких слоях атмосферы. Такая оценка дает среднюю для Земли плотность потока водорода (протонов) порядка $2 \cdot 10^{-15}$ г/см² сек или число атомов примерно $1,2 \cdot 10^9$ см⁻² сек⁻¹. Это почти на два порядка величины превосходит скорость диссипации земного водорода, которая по вычислениям А. Кокарта и М. Николе соответствует потоку $2,5 \cdot 10^7$ см⁻² сек⁻¹.

Таким образом в верхней атмосфере Земли могло бы происходить накопление водорода

¹ См. «Природа», 1952, № 5, стр. 49—59.

да солнечного происхождения. Если бы водород накапливался на высотах, например, от 100 до 200 км и его концентрация распределялась по высоте в соответствии с упрощенной барометрической формулой, то уже через 1 год концентрация на уровне 100 км достигла бы $1,6 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}$, а на уровне 200 км $4 \cdot 10^8 \text{ см}^{-3}$. Эти значения на три порядка величины превосходят фактические концентрации. Следовательно, если бы в действительности водород солнечного ветра захватывался примерно в таких количествах, как указано выше, то должна была бы происходить утечка водорода из верхней атмосферы Земли со скоростью порядка $10^9 \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$. Водород диссипирует из экзосферы во много раз медленнее. Однако может происходить утечка водорода вниз из термосферы в мезосферу с последующим образованием там «солнечного дождя».

РОЛЬ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Возможны ли еще другие механизмы образования молекул H_2O непосредственно в высоких слоях атмосферы, помимо механизма «солнечного дождя»? Важные реакции могут осуществляться с участием метана CH_4 , как на это было указано Бейтсом и Николе. Метан имеет биологическое происхождение, вносится в атмосферу на уровне земли, его количество в нижних слоях атмосферы довольно постоянно, $1,5 \cdot 10^{-6}$ по объему. На уровне тропопаузы метан может быстро окисляться, время его существования меньше 100 лет. Над уровнем стратосферы количество молекул CH_4 составляет около $3 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$, среднее время жизни на высоте 50 км должно быть порядка 40 лет.

Окисление с такой скоростью приводит к образованию около 10^{11} молекул H_2O и H_2 за 1 сек. над 1 см^2 .

Учитывая различные сложные химические реакции, можно вычислить концентрацию молекул H_2O в мезосфере, соответствующую условиям химического и фотохимического равновесия. Расчеты дают для высоты 70 км — 10^{10} см^{-3} ; для 80 км вычисления (Николе) дают $5 \cdot 10^8 \text{ см}^{-3}$, а для 90 км — $2 \cdot 10^6 \text{ см}^{-3}$. Однако в подобных вычислениях не учитываются динамические процессы. Нисходящие и восходящие воздушные потоки, турбулентная диффузия будут изменять с высотой соотношение различных составляющих, если оно зависело только от фотохимического равновесия и отличалось от распределения, соответствующего постоянству

состава. В некоторых условиях динамические процессы могут быть причиной значительного увеличения влажности воздуха в мезосфере и мезопаузе.

Рассмотрим несколько примеров.

Концентрация молекулярного водорода в условиях фотохимического равновесия имеет резко выраженный максимум 10^{10} см^{-3} на расстоянии от Земли около 67 км: выше этого уровня молекулы H_2 подвергаются фотодиссоциации, скорость которой быстро увеличивается с высотой. Восстановление молекулярного водорода может происходить в результате тройных соударений с участием двух атомов водорода. На высотах 100—110 км, куда могут проникать протоны солнечного ветра, вероятность тройных соударений мала. При существовании нисходящих воздушных течений или интенсивного турбулентного перемешивания дополнительные количества водородных атомов солнечного происхождения могли бы транспортироваться с уровня 100—110 км в мезосферу, где скорость некоторых реакций во много раз возрастает. Связанное с этим увеличение концентрации H_2 могло бы привести к увеличению концентрации молекул воды.

Это один из возможных механизмов образования «солнечного дождя», почти прекращающий свое действие в отсутствие динамических процессов.

Предварительные оценки показывают, что динамические процессы могут значительно изменять вертикальное распределение атомарного кислорода и молекул H_2O и во много раз увеличивать влажность воздуха в мезопаузе.

В начале статьи указывалось, что вопрос о природе серебристых облаков связан с фундаментальными проблемами физики верхней атмосферы Земли. Таково было единодушное мнение и участников Первого международного симпозиума по исследованию серебристых облаков, проходившего в СССР в марте 1966 г. В подготовке симпозиума участвовали такие авторитетные организации, как Международная ассоциация метеорологии и физики атмосферы, Всемирная метеорологическая организация и Международный комитет Года спокойного Солнца.

Можно не сомневаться, что дальнейшее изучение проблемы происхождения серебристых облаков будет сопровождаться новыми открытиями, имеющими большое значение для геофизики и астрофизики.

УДК 661.676



ТЕОРИЯ ГЛАГ

СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ В СИЛЬНЫХ ПОЛЯХ

В. В. Шмидт

Кандидат физико-математических наук

Институт металлургии им. А. А. Байкова АН СССР (Москва)

22 апреля 1966 г. А. А. Абрикосову, В. Л. Гинзбургу и Л. П. Горькову была присуждена Ленинская премия за создание теории сверхпроводящих сплавов с большими критическими полями. Эта теория давно уже получила всемирное признание и вскду известна под названием теории Гинзбурга — Ландау — Абрикосова — Горькова (теория Г.ЛАГ)¹.

Идея технического использования сверхпроводимости была высказана давно, почти сразу после открытия этого явления — в 1911 г.

Поскольку сверхпроводник — это материал без электрического сопротивления, то при протекании по нему электрического тока в нем совершенно не происходит выделения джоулева тепла. Казалось, что, сделав соленоид из сверхпроводящей проволоки и пропустив по нему большой ток, можно было бы получить очень большое магнитное поле.

Однако вскоре выяснилось, что магнитное поле порядка нескольких сот эрстед уже достаточно для разрушения сверхпроводимости в известных в то время сверхпроводниках. Поэтому сверхпроводимость обмотки соленоида разрушалась собственным полем этого соленоида. Создание мощных сверхпроводящих магнитов пришлось отложить на ... 50 лет.

Только создание в 1961 г. сверхпроводящих материалов, способных сохранять сверхпроводимость в больших магнитных полях при больших плотностях тока, открыло широкие перспективы практического использования явления сверхпроводимости.

Замечательно, что теория таких сверх-

проводящих сплавов была разработана за несколько лет до того, как металлурги смогли практически их изготовить.

ЧТО ТАКОЕ СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ?

Ответим на этот вопрос сперва чисто описательно. Это такое состояние ряда металлов, сплавов, соединений, когда при некоторой, достаточно низкой температуре, характерной для каждого вещества, вдруг скачком полностью пропадает электрическое сопротивление². Отсюда и название — сверхпроводимость. Температура, ниже которой появляется сверхпроводимость, называется критической температурой данного вещества. Рекордно высокой критической температурой (18° K) пока обладает соединение ниобия с оловом (Nb₃Sn).

Однако наиболее интересным оказалось, пожалуй, другое свойство сверхпроводников. Рассмотрим сперва чистый металл — сверхпроводник. Если переход в состояние сверхпроводимости происходит во внешнем

¹ Л. Д. Ландау был удостоен Ленинской премии в 1962 г.

² См. статью А. А. Абрикосова, «Прпрода», 1964, № 5, стр. 26—33.

магнитном поле, а до перехода — в нормальном состоянии — магнитные силовые линии свободно проникают через материал, то в момент перехода магнитное поле полностью выталкивается из материала (рис. 1). Это явление называется эффектом Мейснера.

Магнитное поле проникает в сверхпроводник лишь на глубину тонкого поверхностного слоя (10^{-5} — 10^{-6} см). Что же произойдет, если постепенно увеличивать магнитное поле, в котором находится сверхпроводник? Рис. 1, б помогает найти ответ. Магнитные силовые линии, подобно упругим нитям, стараясь выпрямиться, давят на шар. По мере увеличения магнитного поля, увеличивается это давление. В момент, когда оно превзойдет силы, препятствующие про-

никновению поля в материал, магнитные силовые линии ворвутся в сверхпроводник, разрушая сверхпроводимость. Магнитное поле, при котором это произойдет, называется критическим магнитным полем.

Посмотрим на рис. 1, б повнимательнее. Легко видеть, что магнитное давление (а следовательно, и магнитное поле), на экваторе больше чем на полюсах. Поэтому возможен такой случай, когда поле на экваторе уже достигло критического значения H_c , а однородное поле вдали от шара (именно такое поле станет и внутри шара, если произойдет переход) пока еще меньше H_c . Это означает, что переход в нормальное состояние (см. рис. 1, а) еще энергетически невыгоден, а существование в чисто сверхпроводящем состоянии (см. рис. 1, б) уже невозможно. И действительно, в этом случае шар переходит в так называемое промежуточное состояние, т. е. разбивается на чередующиеся слои нормальной и сверхпроводящей фазы (рис. 2).

При этом магнитные линии идут только по нормальным слоям. По мере увеличения напряженности магнитного поля будет увеличиваться ширина нормальных слоев, ко-

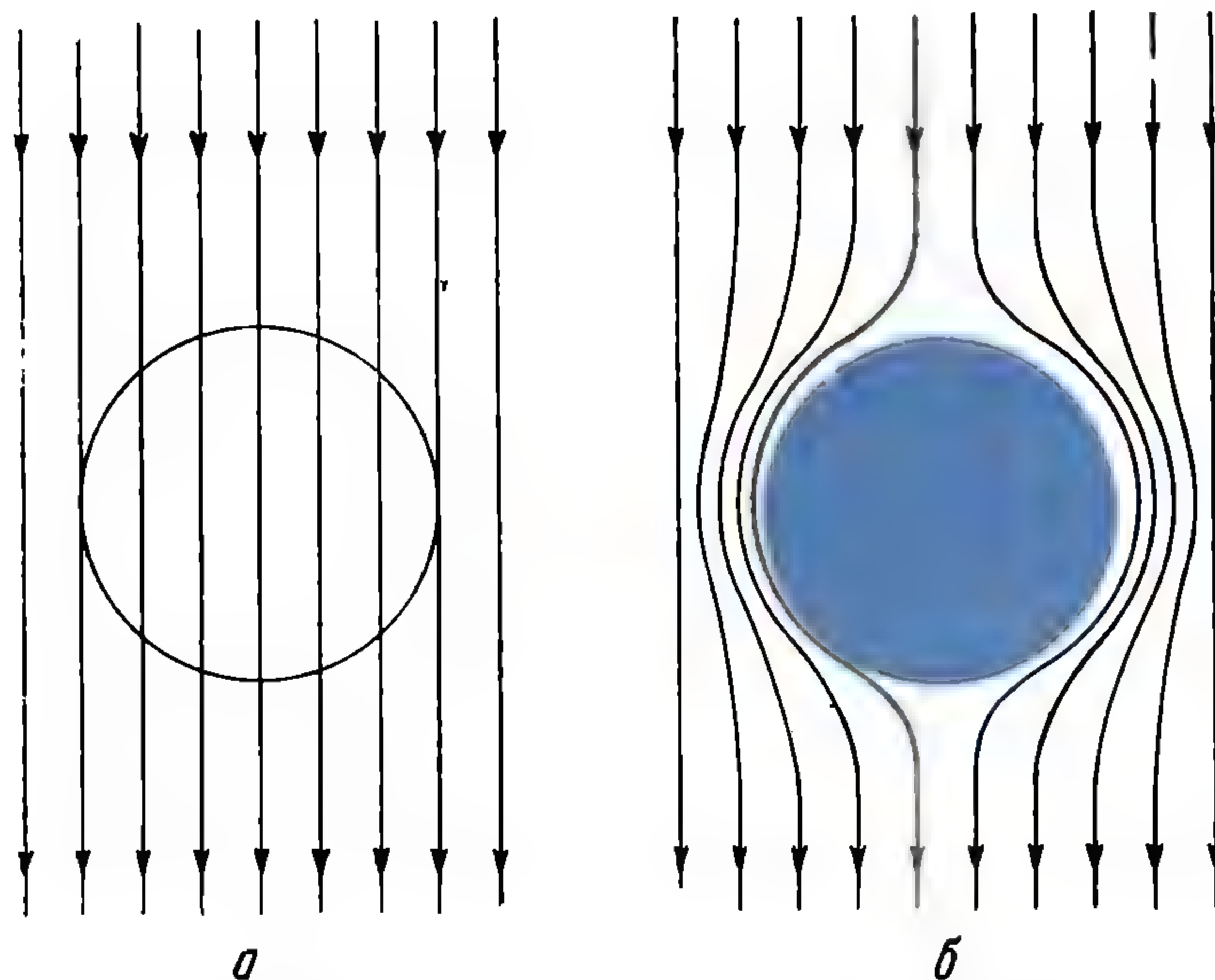


Рис. 1. Шар в нормальном состоянии; магнитное поле полностью проникает через образец (а). Шар в сверхпроводящем состоянии; магнитное поле полностью вытолкнуто из образца (б). Такая картина получается независимо от того, что произойдет раньше — переход в сверхпроводящее состояние, а затем включение магнитного поля, или наоборот

торые будут «поедать» сверхпроводящие слои. Когда поле по всему шару достигнет критического значения, материал станет вполне однородным и нормальным.

До сих пор мы обсуждали некоторые наиболее характерные свойства сверхпроводников. Почему же они обладают такими удивительными свойствами?

Ответ на этот вопрос физики безуспешно искали в течение 46 лет после открытия сверхпроводимости. Лишь в 1957 г. была, наконец, разрешена эта задача. Ключом к решению оказалось исследование американского ученого Л. Купера. Раньше всегда считалось, что электроны как одноименно заряженные частицы должны всегда отталкиваться друг от друга (закон Кулона). Купер показал, что для электронов в металле наряду с таким отталкиванием может возникнуть и притяжение. Электрон в металле взаимодействует не только с другими электронами, но и с ионными остовами, с решеткой металла. Это взаимодействие приводит к деформации решетки (ионы притягиваются к электрону). Но электрон не стоит на месте, он движется по решетке, оставляя за собой «след» в виде деформированной решетки.

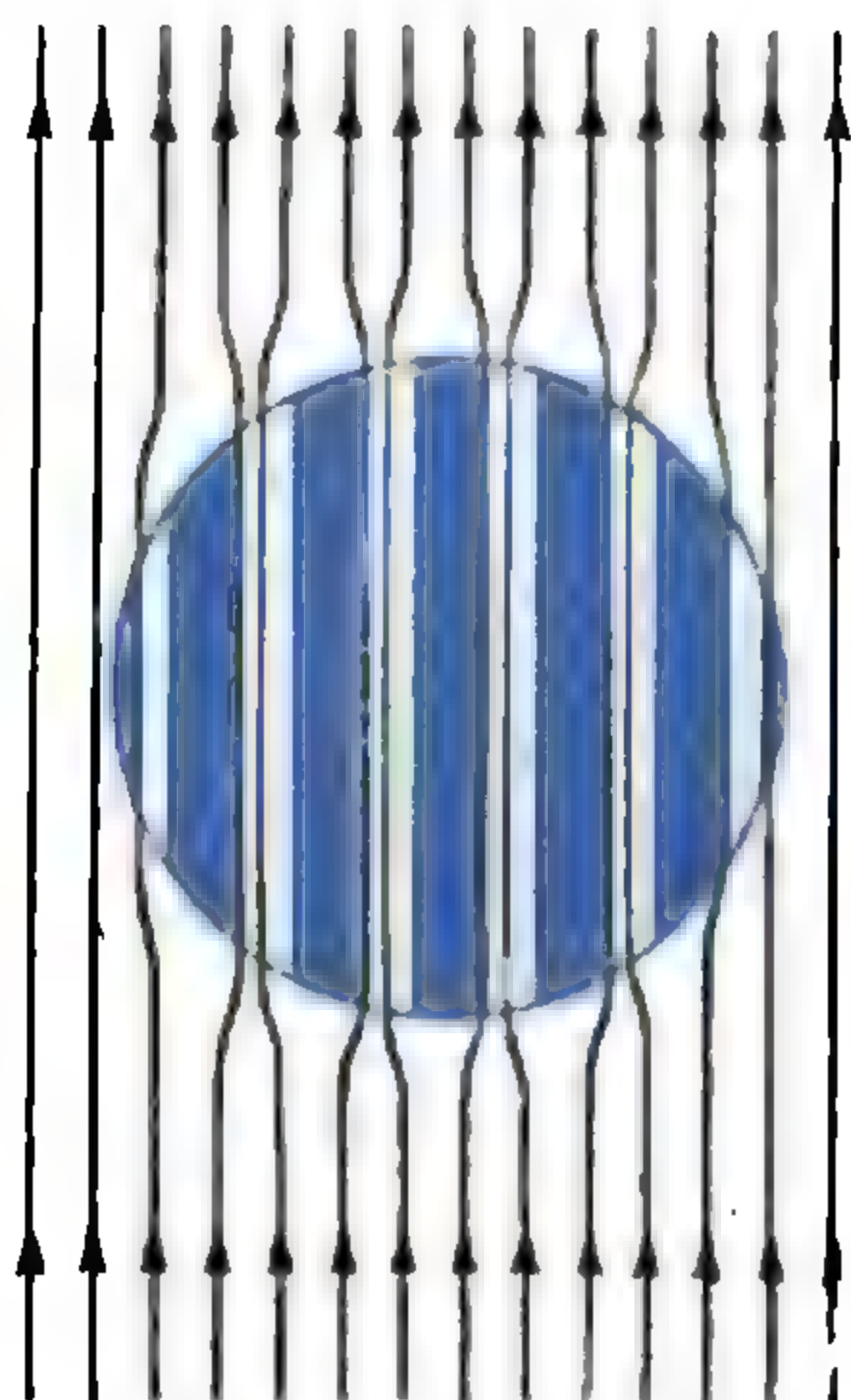


Рис. 2. Схема промежуточного состояния. Шар разбился на чередующиеся слои нормальной и сверхпроводящей фазы (сверхпроводящая фаза показана голубым цветом). Магнитные линии пропускаются через нормальную фазу. Там они идут гуще, чем вне шара

Этот «след» становится центром притяжения для другого электрона металла. Таким образом устанавливается как бы взаимодействие между первым и вторым электронами, причем средой, передающей взаимодействие, становится решетка.

На языке физиков это звучит так: электрон возбудил фотон — квант колебаний решетки, другой электрон этот квант поглотил. В результате возникло взаимодействие между электронами через фононы. При некоторых условиях это взаимодействие может быть притяжением. Если оно превысит кулоновское отталкивание, то возникнет спаривание электронов, т. е. образование связанных электрон-электронных пар.

Вскоре после открытия Купером спаривания электронов в металле была построена микроскопическая теория сверхпроводимости Бардином, Купером и Шриффером в США и независимо от них академиком Н. Н. Боголюбовым в СССР.

Куперовское спаривание электронов приводит к тому, что электроны в металле образуют теперь смесь двух электронных жидкостей: один компонент смеси состоит из одиночных электронов, другой — из куперовских пар. Оказалось, что второй компонент смеси обладает свойством сверхтекучести, т. е. может образовывать поток упорядоченно движущихся электрон-электронных пар, которые не рассеиваются ни на каких искажениях решетки. В этом проявляются квантовые свойства сверхтекучего компонента.

Куперовские пары — это сравнительно большие образования. В чистом металле пары имеют размер порядка $\xi \sim 10^{-4}$ см.

ТЕОРИЯ ГИНЗБУРГА — ЛАНДАУ

Теория сверхпроводящих сплавов с большими критическими полями была создана А. А. Абрикосовым и Л. П. Горьковым на основе теории сверхпроводимости В. Л. Гинзбурга и Л. Д. Ландау.

Феноменологическая теория Гинзбурга — Ландау была опубликована в 1950 г., за семь лет до создания микроскопической теории сверхпроводимости, и явилась смелым и крупным шагом в понимании физики сверхпроводящего состояния. От предшествовавших ей теорий она отличалась прежде всего тем, что ею были учтены квантовые закономерности поведения электронов в сверхпроводниках.

В основе теории лежало представление о сверхпроводящем переходе без магнитного поля как о фазовом переходе второго рода. Общая теория таких переходов была построена ранее Л. Д. Ландау.

Фазовым переходом второго рода называется такой переход, когда при некоторой определенной (критической) температуре происходит скачкообразное изменение симметрии тела, в то время как состояние тела (его энергия, объем, энтропия) никаких скачков не испытывает и меняется непрерывно с температурой. Симметрия тела здесь понимается в обобщенном смысле, т. е. не только как симметрия кристаллической решетки, а как некоторое качество (упорядоченность в расположении атомов данного сорта, упорядоченность в расположении магнитных моментов атомов, т. е. ферромагнетизм или антиферромагнетизм и т. п.), которое присутствует ниже критической температуры и отсутствует выше этой температуры. При этом параметр, характеризующий степень такой упорядоченности, уменьшается непрерывно с повышением температуры, обращается в точке перехода в нуль и остается равным нулю в высокотемпературной фазе.

Сейчас, когда микроскопическая теория сверхпроводимости уже построена, ясно, что упорядоченность низкотемпературной, т. е. сверхпроводящей фазы — это согласованность, коррелированность поведения электронов вследствие куперовского спаривания. Тогда, когда создавалась теория Гинзбурга — Ландау, физики лишь отчетливо понимали, что при охлаждении ниже критической температуры электроны металла переходят в какое-то упорядоченное состояние. Электроны, находящиеся в этом упоря-

доченном состоянии, авторы теории называли **сверхпроводящими электронами**. Для того, чтобы учесть квантовый характер движения электронов в сверхпроводнике, они ввели эффективную волновую функцию сверхпроводящих электронов, т. е. некоторую функцию, которая должна была описывать на языке квантовой механики состояние сверхпроводящих электронов. Квадрат этой функции имеет совершенно ясный физический смысл — это просто плотность сверхпроводящих электронов (куперовских пар), т. е. число сверхпроводящих электронов в единице объема в данном месте сверхпроводника.

И тут был сделан необычайно смелый шаг. Эту, введенную ими, эффективную волновую функцию сверхпроводящих электронов авторы стали рассматривать одновременно и как параметр упорядочения теории Л. Д. Ландау фазовых переходов второго рода. Произошло, казалось бы, совмещение несовместимого. Волновая функция стала зависеть от температуры! Ситуация совершенно чуждая ортодоксальной квантовой механике. Но именно благодаря такому парадоксальному подходу удалось получить известные уравнения Гинзбурга — Ландау, с помощью которых были решены многие задачи.

К сожалению, эти уравнения имеют ограниченную область применимости. Они справедливы лишь при температурах, близких к критической. Позднее, после создания микроскопической теории сверхпроводимости, Л. П. Горьков дал собственную формулировку теории, он показал связь феноменологических параметров, входящих в уравнения Гинзбурга — Ландау, с электронными характеристиками металла. Таким образом, новая теория не заменила эти уравнения в области их применимости какими-либо новыми уравнениями, а лишь расшифровала входящие в них параметры.

Развитие теории Гинзбурга — Ландау было дано Абрикосовым¹. В работах Абрикосова нашли свое объяснение свойства сверхпроводников второго рода, какими являются сверхпроводящие сплавы, лежащие в основе современных технических приложений сверхпроводимости.

Для того чтобы понять, что такое сверхпроводники второго рода, вернемся к про-

межуточному состоянию, изображенному на рис. 2. Совершенно очевидно, что магнитная энергия будет в этом состоянии тем меньше, чем однороднее будет магнитное поле. А это будет достигнуто тем лучше, чем на большее число чередующихся нормальных и сверхпроводящих слоев разобьется сверхпроводник. Таким образом, казалось бы, надо было ожидать, что в промежуточном состоянии ширина слоев по порядку величины будет совпадать с глубиной проникновения магнитного поля. Эксперимент показал, что это не так. Ширина слоев оказалась значительно большей.

Стало ясно, что граница между нормальной и сверхпроводящей фазами обладает некоторой положительной энергией, что у этой поверхности раздела существует поверхностное натяжение $\sigma_{ns} > 0$. Иначе говоря, стало ясно, что плотность энергии в поверхностном слое больше как плотности энергии сверхпроводящего участка, так и плотности энергии нормального участка, которые в промежуточном состоянии находятся в равновесии друг с другом. Поэтому существование границы с большой площадью поверхности внутри сверхпроводника становится энергетически невыгодным.

Теория Гинзбурга — Ландау дала объяснение природе этого поверхностного натяжения.

ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ НА ГРАНИЦЕ НОРМАЛЬНОЙ И СВЕРХПРОВОДЯЩЕЙ ФАЗ

Сосредоточим сейчас наше внимание на границе, разделяющей нормальную и сверхпроводящую фазу сверхпроводника, находящегося в промежуточном состоянии. Сверхпроводящий слой наполнен сверхпроводящими электронами или, как мы теперь знаем, куперовскими парами. В нормальном слое их нет.

Может ли быть граница раздела между двумя фазами абсолютно¹ резкой? Иначе говоря, может ли плотность сверхпроводящих электронов измениться скачком от некоторой конечной величины в сверхпроводящей фазе до нуля в нормальной?

Классическая физика не видит причин для отрицательного ответа на этот вопрос.

¹ Следует оговорить, что рассматриваются расстояния в металле много большие межатомных расстояний $\sim 1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ см}$. Поэтому под абсолютно резкой границей понимается переходный слой, толщина которого имеет порядок межатомных расстояний.

¹ См. «Природа», 1964, № 5, стр. 26.

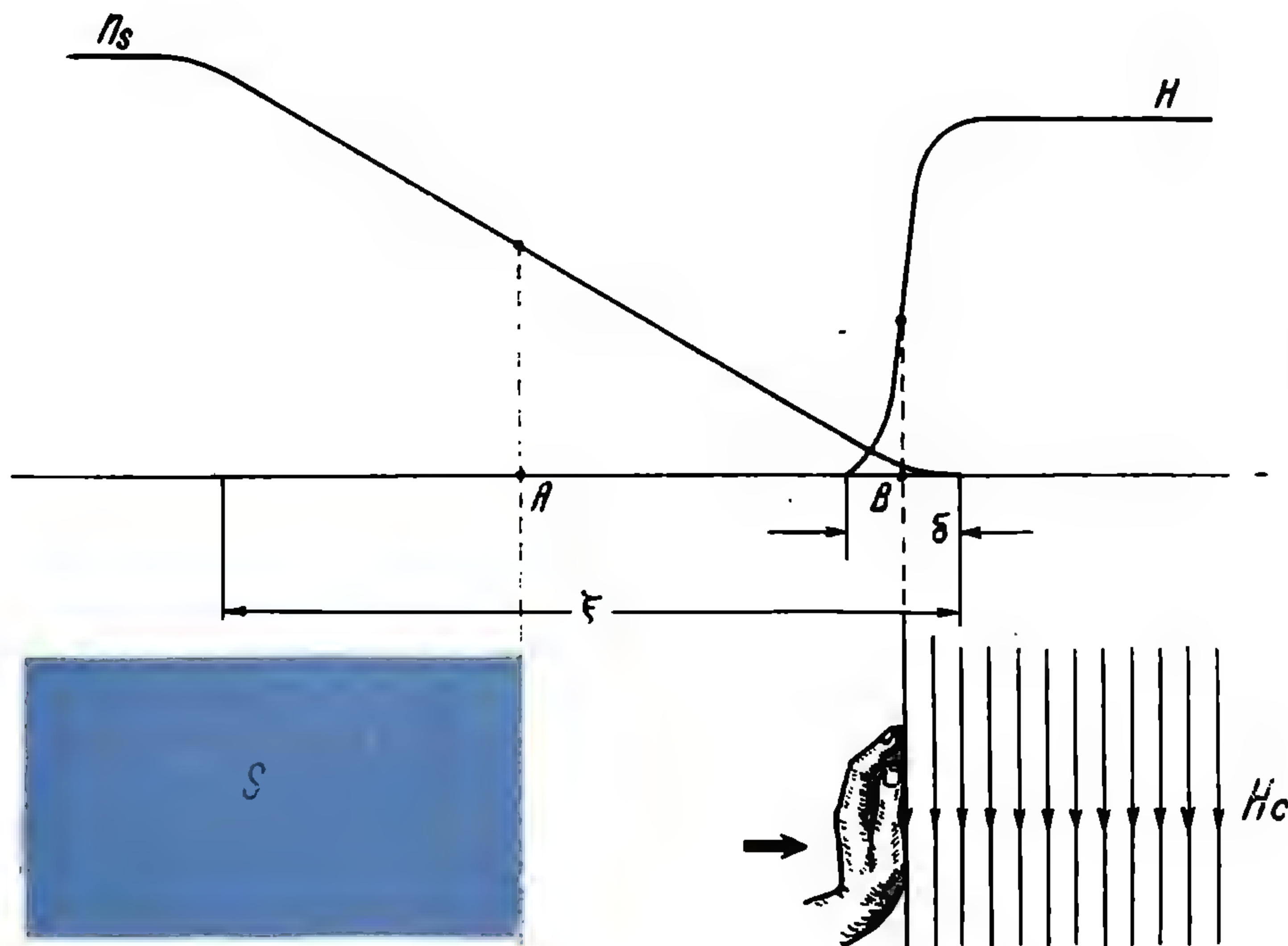


Рис. 3. Распределение плотности куперовских пар (n_s) и магнитного поля (H) в междофазной границе; ξ — размер пары, δ — глубина проникновения магнитного поля. Случай чистого сверхпроводника. Дополнительная энергия, запасенная в границе, равна работе по вытеснению магнитного поля из объема AB

Квантовая физика отвечает: это невозможно, так как на это потребуется бесконечная энергия.

Действительно, одним из основных законов природы, в котором проявляются квантовые закономерности микромира, является соотношение неопределенностей Гейзенберга:

$$\Delta p \cdot \Delta x \sim \hbar.$$

Здесь Δp — неопределенность импульса, или точность, с которой имеет смысл говорить об импульсе (количестве движения) частицы, если Δx — неопределенность координаты частицы, $\hbar \simeq 10^{-27} \text{ эрг} \cdot \text{сек}$ — постоянная Планка. Из приведенного соотношения видно, что если нам удалось зафиксировать точно скорость частицы, то мы ничего не можем сказать о ее местоположении. Сама постановка вопроса о координате частицы в этом случае квантовой механикой отвергается. Столь же бессмысленным будет вопрос о скорости частицы в данной точке пространства. Все это легко поясняется, если вспомнить, что частицы микромира проявляют всегда волновые свойства, причем длина волны обратно пропорциональна скорости. Поэтому выражение «скорость в данной точке» столь же бессмысленно, как и «длина волны в данной точке». Если координата частицы определена точно, фиксирована, то все значения скорости равновероятны. Но это означает, что частица обла-

дает бесконечно большой кинетической энергией.

Отсюда делается вывод, что чем меньше область пространства, в которой локализована частица, тем большую на это требуется затратить энергию. Это специфически квантовый эффект. Или иначе, чем круче идет кривая распределения частиц в пространстве, чем больше у нее производная, тем больше кинетическая энергия частиц. Таким образом, междофазная граница в сверхпроводнике не может быть бесконечно тонкой, существует некоторый слой конечной толщины, в котором происходит плавное изменение плотности сверхпроводящих электронов до нуля.

То же самое можно сказать и по-другому. Носителями сверхпроводящего тока служат спаренные электроны (куперовские пары) и эти пары находятся в сверхпроводящей фазе и отсутствуют в нормальной. Ясно, что граница между двумя фазами должна иметь ширину порядка размеров пары.

Из рис. 2 видно, что в промежуточном состоянии магнитные силовые линии идут гуще в нормальных слоях, чем вне сверхпроводника. Это значит, что там напряженность магнитного поля больше. В нормальных слоях всегда автоматически поддерживается поле, равное критическому полю H_c .

Это понятно. В промежуточном состоянии

мы встречаемся со случаем сосуществования двух фаз. Они находятся в равновесии. А такое равновесие может реализоваться лишь в случае, когда в нормальной фазе имеется магнитное поле, напряженность которого равна критической.

Рассмотрим теперь рис. 3, на котором схематически изображена междофазная граница. Мы уже знаем, что в чистом сверхпроводнике размер пар ξ имеет порядок 10^{-4} см, а глубина проникновения магнитного поля $\delta \simeq 10^{-5} - 10^{-6}$ см, т. е. реализуется случай $\xi > \delta$. Это-то и определяет все своеобразие возникшей ситуации. Будем условно считать, что сверхпроводящая фаза занимает пространство левее точки A , т. е. справа от точки A уже нормальный металл. Магнитное поле (тоже условно) будем считать равным H_c правее точки B и равным нулю слева от B .

Из рисунка ясно видно, что существует некоторый слой AB , в котором куперовских пар уже нет, но и магнитного поля тоже нет! В этом слое запасена потенциальная энергия, равная работе, которую нужно затратить, чтобы, преодолевая давления магнитного поля, вытолкнуть его из слоя AB . Эта запасенная в междофазной границе энергия и будет энергией поверхностного натяжения.

По-другому об этой энергии можно сказать так. Участок AB пользуется привилегиями сверхпроводящей фазы (свободен от магнитного поля), не выполняя взятых этой фазой на себя обязательств (иметь спаренные электроны). Поэтому плотность энергии в этом участке будет больше, чем плотность энергии слева от точки A и справа от точки B на величину энергии разрыва пар в единице объема.

Итак, мы пришли к выводу, что в чистых сверхпроводящих металлах поверхностная энергия междофазной границы положительна. В дальнейшем такие сверхпроводники мы будем называть сверхпроводниками первого рода.

Совершенно по-иному ведут себя сверхпроводящие сплавы. Анализ опытных данных привел А. А. Абрикосова к убеждению,

что в сверхпроводящих сплавах поверхностная энергия междофазной границы отрицательна. Это может быть, если толщина этой границы окажется меньше глубины проникновения магнитного поля: $\xi < \delta$.

Такие сверхпроводники были названы сверхпроводниками второго рода. К ним относятся сверхпроводящие сплавы и соединения, а из чистых металлов — ниобий и, по-видимому, ванадий.

Обратимся к рис. 4. Так же, как и на предыдущем рисунке, здесь изображено распределение плотности сверхпроводящих электронов и магнитного поля в междофазной границе. Снова будем условно считать, что сверхпроводящая фаза занимает пространство слева от точки A , а магнитное поле проникает из нормальной фазы до точки B . Очевидно, что плотность энергии в слое AB меньше плотности энергии справа и слева от него, т. е. $\sigma_{ns} < 0$. Действительно, при образовании этого слоя выделилась энергия, равная работе, которую совершили внешние

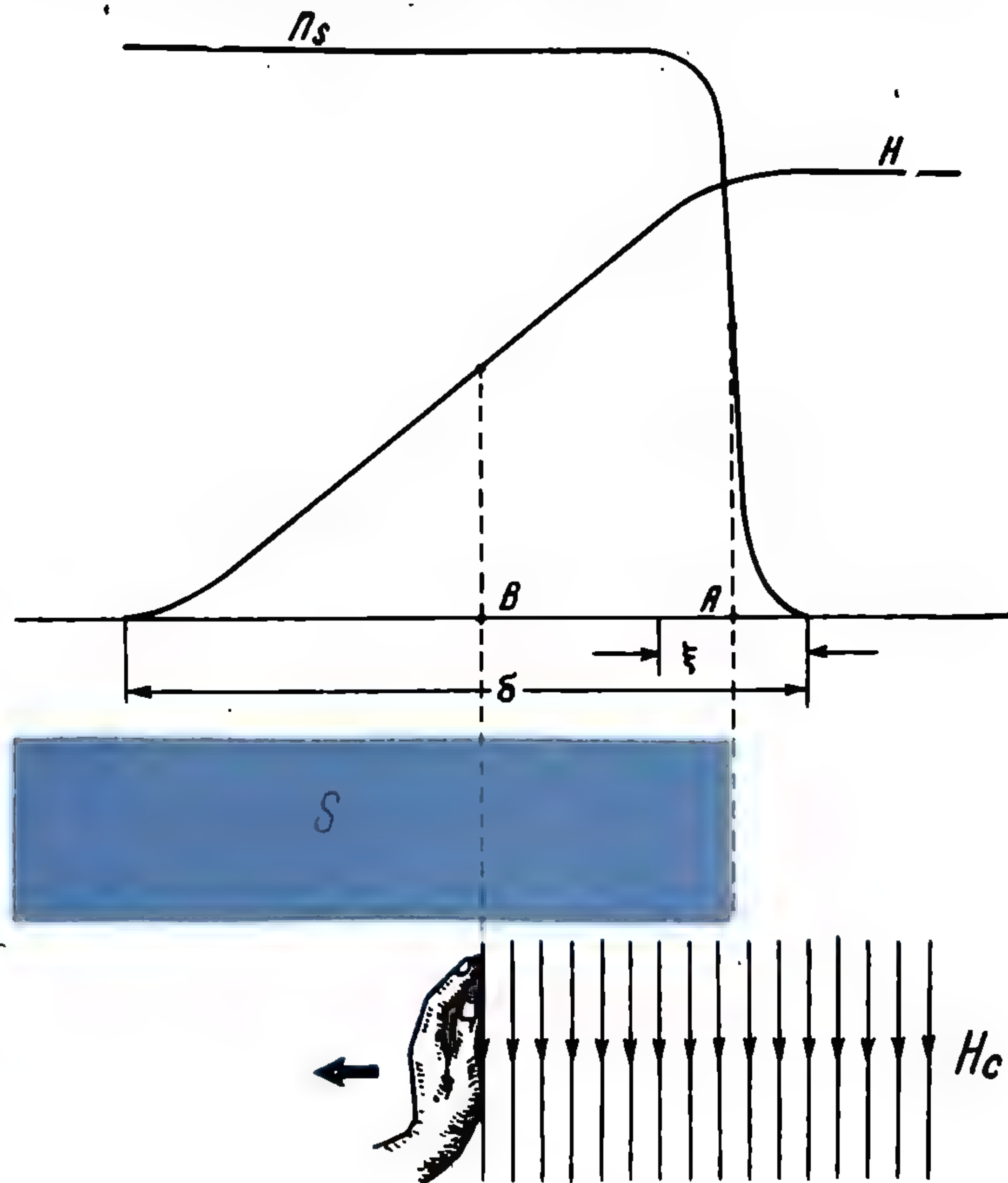


Рис. 4. То же, что на рис. 3. Случай сверхпроводящего сплава. Энергия границы понижена на величину энергии, выделившейся при проникновении внешнего магнитного поля на глубину AB

силы, продвинув поле на расстояние AB .

Иначе говоря, слой AB имеет ту особенность, что магнитное поле в него пропикло, и он вроде бы должен быть нормальным, но в то же время в нем имеются куперовские пары и, следовательно, он сверхпроводящий.

Но тогда плотность его энергии будет меньше плотности энергии соседних областей сверхпроводника на полную энергию связи всех куперовских пар, находящихся в единице объема. В этом и состоит объяснение отрицательности поверхностного натяжения границы между нормальной и сверхпроводящей фазами у сверхпроводников второго рода.

Это обстоятельство кардинально меняет характер поведения сверхпроводника в магнитном поле. Теперь становится энергетически выгодным такое положение, когда как можно больший объем внутри сверхпроводника занят самой границей. Следовательно, нужно ожидать, что сверхпроводник второго рода в магнитном поле должен разбиться на очень тонкую сеть чередующихся нормальных и сверхпроводящих областей.

СВЕРХПРОВОДНИКИ ВТОРОГО РОДА

Основываясь на теории Гинзбурга — Ландау, А. А. Абрикосов закончил в 1957 г. детальное исследование поведения сверхпроводников второго рода в магнитном поле

и получил чрезвычайно интересные результаты.

Будем следить за сверхпроводником второго рода в увеличивающемся внешнем поле. Оказывается, что при достаточно малых полях поведение таких материалов ничем не отличается от поведения чистых металлов. Имеется полное выталкивание магнитного поля, т. е. эффект Мейснера. Но при некотором поле H_{c1} , которое было названо автором первым критическим полем, внутрь образца проникает первая вихревая нить, несущая определенную величину (квант) магнитного потока $\Phi_0 = \pi\hbar c/e = 2 \cdot 10^{-7} \text{ гс} \cdot \text{см}^2$, где c — скорость света, а e — заряд электрона. Сердцевина вихревой нити находится в нормальном состоянии и имеет поперечный размер порядка ξ . Нить расположена параллельно внешнему магнитному полю. По сердцевине нити идет магнитный поток, причем напряженность поля там превышает напряженность внешнего магнитного поля. Этот магнитный поток создается незатухающим сверхпроводящим вихревым током, циркулирующим вокруг сердцевинки. Плотность этого тока уменьшается по мере удаления от сердцевинки. Вихревой ток затухает на расстоянии порядка глубины проникновения.

Итак, первая вихревая нить образуется в сверхпроводнике, когда поле достигает значения первого критического поля H_{c1} . По мере увеличения внешнего поля число

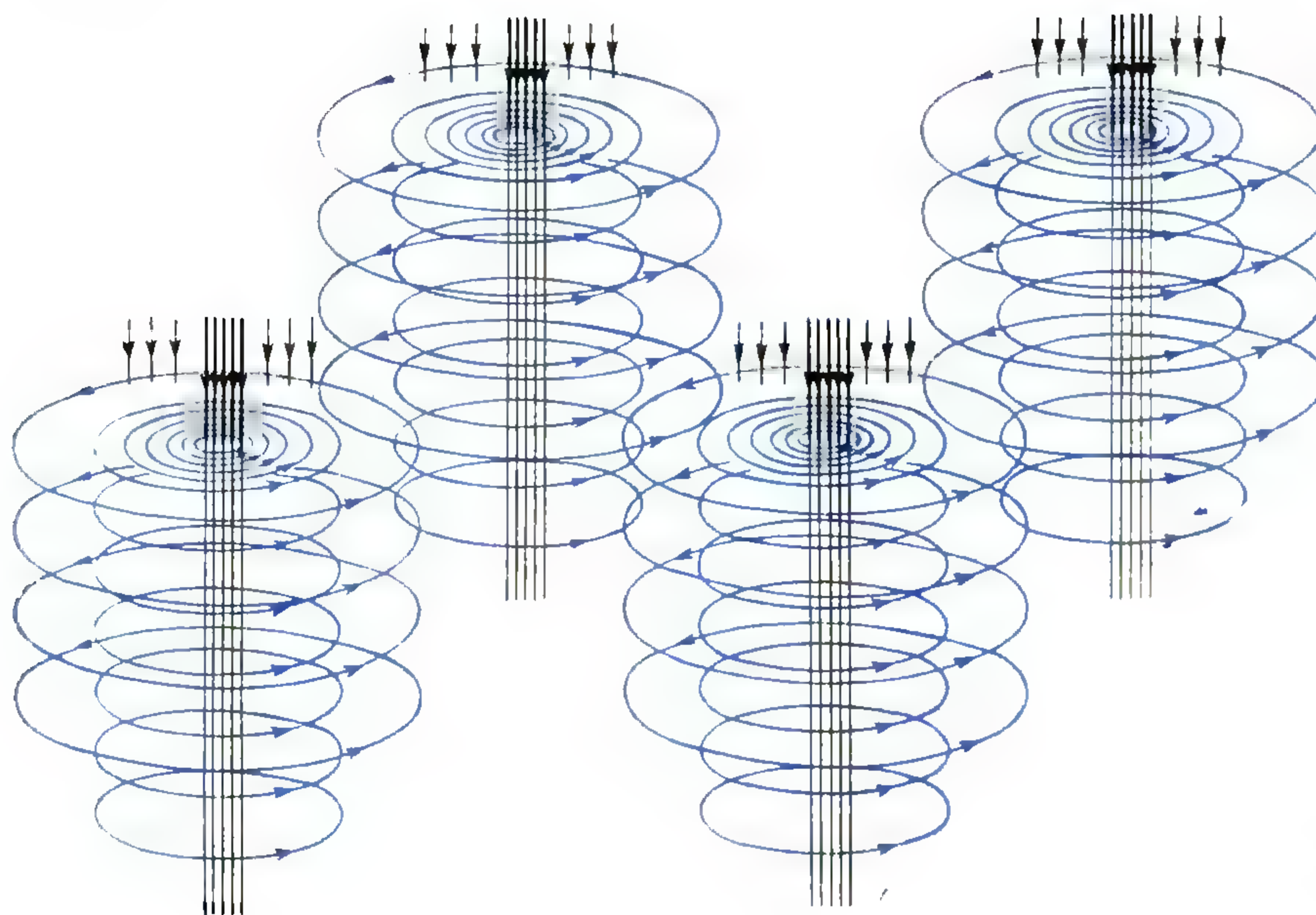


Рис. 5. Картина смешанного состояния сверхпроводника второго рода

вихревых нитей быстро увеличивается. Когда среднее расстояние между вихрями становится сравнимым с глубиной проникновения, т. е. с поперечным размером вихря, они начинают взаимодействовать. Нетрудно сообразить, что вихри отталкиваются. В результате они выстраиваются параллельно друг другу, образуя в плане двумерную квадратную решетку с периодом порядка глубины проникновения (рис. 5). Дальнейшее увеличение внешнего поля сопровождается сближением вихрей, т. е. уменьшением периода решетки. Это продолжается до тех пор, пока расстояние между центрами вихрей достигнет величины порядка размера куперовской пары ξ . При этом плотность вихревого сверхпроводящего тока уменьшается с увеличением внешнего магнитного поля и распределение магнитного поля внутри образца становится все более однородным. Наконец, когда поле достигнет некоторой характерной величины H_{c2} — второго критического поля — вихревые токи пропадут, магнитное поле станет однородным по всему образцу и равным внешнему магнитному полю, восстановится нормальное электрическое сопротивление. Образец фазовым переходом второго рода перейдет в нормальное состояние.

Состояние сверхпроводника в полях между H_{c1} и H_{c2} называется смешанным состоянием. Величину второго критического поля можно оценить с помощью формулы

$$H_{c2} \sim H_c \frac{\delta}{\xi},$$

где H_c (так называемое критическое термодинамическое поле) — это такое критическое поле, которое было бы у данного сверхпроводника, если бы при сохранении всех других его характеристик размер пары стал больше чем δ , т. е. если бы этот материал стал сверхпроводником первого рода.

Итак, мы видим, что у сверхпроводников второго рода эффект Мейснера, т. е. полное выталкивание магнитного поля из объема сверхпроводника наблюдается только в области малых полей, до H_{c1} . В смешанном состоянии эффект Мейснера отсутствует, и среднее магнитное поле внутри сверхпроводника отлично от нуля. Зависимость среднего магнитного поля B внутри сверхпроводника от напряженности внешнего магнитного поля H показана на рис. 6. Теперь понятно, почему сверхпроводники второго рода способны выдерживать очень большие магнитные поля. Они переходят в смешанное сос-

тояние и, оставаясь в этом состоянии, сохраняют нулевое электрическое сопротивление вплоть до очень высокого второго критического поля.

Эта теория легла в основу теории сверхпроводящих сплавов с большими критическими полями.

СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ СПЛАВЫ

Возникает, однако, вопрос: почему сверхпроводящие сплавы являются сверхпроводниками второго рода? На него ответили в 1958 г. А. А. Абрикосов и Л. П. Горьков, завершив тем самым построение теории сверхпроводящих сплавов.

Суть дела сводится к следующему. Мы уже знаем, что в чистых сверхпроводящих металлах размер куперовских электрон-электронных пар сравнительно велик — порядка 10^{-4} см и намного превышает глубину проникновения магнитного поля. Такие материалы мы называли сверхпроводниками первого рода. При этом предполагается, что длина свободного пробега электрона l , т. е. то расстояние, которое электрон в среднем пробегает между двумя соударениями с чужеродными атомами или какими-либо другими нарушениями кристаллической решетки, много больше размера куперовской пары.

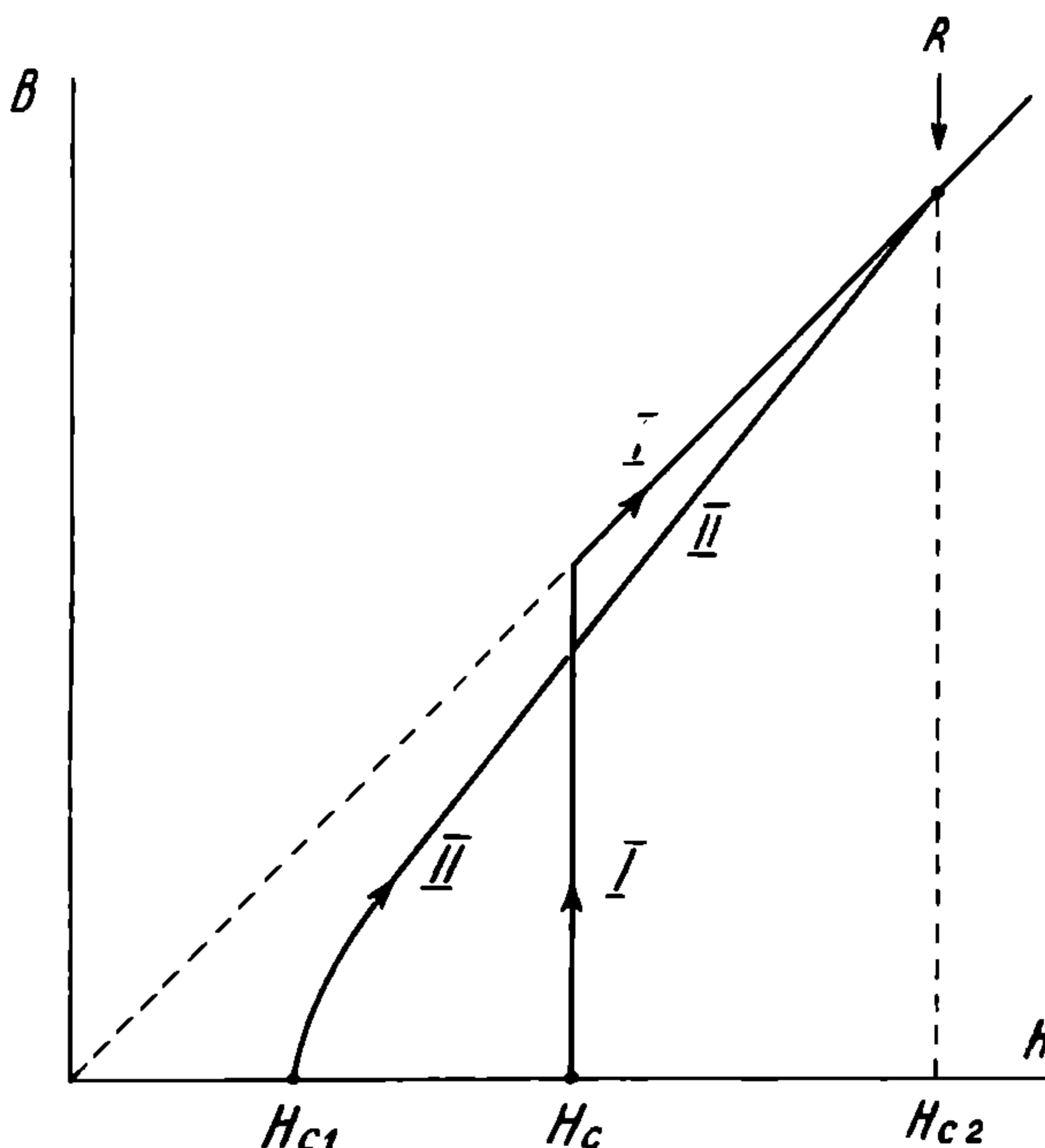


Рис. 6. Зависимость среднего магнитного поля внутри сверхпроводника первого (I) и второго (II) рода от внешнего магнитного поля



Академик В. Л. Гинзбург



Член-корреспондент АН СССР Л. П. Горьков

«Загрязним» такой металл, введя в него атомы другого сорта. Теперь длина свободного пробега резко уменьшится. Электроны значительно чаще будут сталкиваться с инородными атомами просто потому, что этих атомов стало значительно больше. При некоторой их концентрации окажется, что длина пробега стала меньше размера пары в чистом металле. Теперь электроны связаны в куперовские пары только то время, пока ни один из них не претерпел соударения с инородным атомом. Как только такое соударение произошло, электрон изменяет направление своего движения, «забывает», что он был связан со своим партнером и спаривается с каким-либо другим электроном металла. Идиллия продолжается до следующего соударения.

Ясно, что теперь характерным размером пары будет длина свободного пробега электрона l , которая может оказаться много меньше, чем глубина проникновения δ . Но у таких сверхпроводников, как было показано выше, поверхностная энергия границы между нормальной и сверхпроводящей фазами отрицательна, т. е. это сверхпроводники второго рода.

Таким образом, чем сильнее искажена

кристаллическая решетка, чем меньше длина свободного пробега l , тем больше будет второе критическое поле:

$$H_{c2} \sim H_{c1}^{\delta/l}.$$

Оценка предельной величины для H_{c2} , произведенная Л. П. Горьковым в предположении, что l уменьшилось до величин порядка межатомных расстояний, показала, что H_{c2} (эрстед) $\sim 10^4 T_c$ (°K).

Поскольку для многих сверхпроводящих сплавов критическая температура имеет порядок десяти градусов Кельвина, то для них следует ожидать величин $H_{c2 \max}$ порядка сотен тысяч эрстед!

В последние годы получены сверхпроводящие материалы, у которых верхнее критическое поле имеет как раз такой порядок величины. Назовем некоторые из них. Рекордсменом по высоте второго критического поля является соединение ванадия с галлием (V_3Ga). Ожидается, что экстраполированное к температуре абсолютного нуля это поле достигает величины порядка 500000 эрстед. Уже упоминавшееся нами соединение ниобия с оловом Nb_3Sn имеет $H_{c2} \sim 200000$ эрстед. Большое промышленное применение как материал для обмоток сверхпроводящих

соленоидов имеет сплав ниобия с цирконием. Величина H_{c2} сплава Nb — 25%Zr имеет порядок 100000 эрстед. Такими же параметрами обладают сплавы титана с ниобием и титана с ванадием.

С использованием этих материалов уже построены сверхпроводящие соленоиды для генерации больших магнитных полей. Так с использованием сплавов ниобий — цирконий и ниобий — титан построен магнит, создающий поле около 100000 эрстед. Такие магниты намного дешевле эквивалентных им по мощности несверхпроводящих соленоидов, несмотря на необходимость устройств для поддержания обмотки соленоида при низкой температуре порядка нескольких °К. Нет сомнения в том, что мощные сверхпроводящие магниты найдут в ближайшие годы широкое применение в различных областях техники и будут с успехом использованы для разнообразных научных исследований.

Трудно переоценить роль, которую сыграла теория В. Л. Гинзбурга, Л. Д. Ландау,



Член-корреспондент АН СССР А. А. Абрикосов

А. А. Абрикосова и Л. П. Горькова в успехе этого направления науки.

УДК 537.312. 62/8



В. П. Петров

КОСМИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ ПОГОДЫ

Изд-во «Наука», 1966, стр. 119,
ц. 18 коп.

Какая будет завтра погода? Какое ожидается лето? Эти и подобные им вопросы всегда интересуют людей. Но пока наука не всегда может удовлетворить нашу любознательность. Не всегда удается своевременно предсказать, где и когда наступит засуха, начнется наводнение, палест тайфуны и ураганы. Механизм сбора и обработки наблюдений за погодой в различных частях земного шара очень сложен еще и потому, что для установления закономерностей развития погоды надо знать ее состояние и

паменения, происходящие одновременно во всех широтах над сушей и над морем. Основным сведениям об атмосфере посвящена первая часть книги.

Вполне понятно, что повышение точности и оперативности прогнозов погоды может быть достигнуто лишь на основе новых технических средств. В этом отношении большую помощь метеорологам оказывают теперь исследовательские спутники и межпланетные станции.

Известно, что в 1963 г. было подписано соглашение между Академией наук СССР и представителями Национального управления США по авиации и исследованию космического пространства (НАСА) о совместных исследованиях космоса и погоды при помощи искусственных спутников

Земли. В книге рассказывается об исследованиях американскими метеорологическими спутниками облачного покрова Земли, о начатой Бюро погоды США разработке системы регистрации и сбора сведений о погодных условиях.

Интересна последняя глава, посвященная Всемирной службе погоды, которую можно создать на основе автоматизации всех процессов, выполняемых сейчас громадным количеством людей на гидрометеорологических станциях и в местных бюро погоды. Рассматривается роль типичной информационно-логической машины — автоматической гидрометеорологической телеметрической станции (АГМТС) при условии ее работы в системе комплексной автоматизации гидрометеорологической службы.



ИССЛЕДОВАТЕЛИ МИРОВОГО ОКЕАНА

ВТОРОЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЙ КОНГРЕСС В МОСКВЕ

Член-корреспондент АН СССР Л. А. Зенкевич,

*О. Б. Мокиевский
Кандидат биологических наук*

С 30 мая по 9 июня в Москве, в здании Университета на Ленинских горах, проходили заседания Второго международного океанографического конгресса. В нем приняло участие около двух тысяч ученых более чем из пятидесяти стран, расположенных на всех пяти континентах. Около пяти-сот докладов было заслушано и обсуждено на секциях «Океан и атмосфера», «Океан и жизнь», «Морская геология, строение океанической коры и верхней мантии», «Океанография Индийского океана и Антарктики», а также на шестнадцати подсекциях, на семи симпозиумах и на пленарных заседаниях, где ставились наиболее широкие, программные и обобщающие доклады.

Со времени Первого океанографического конгресса в Нью-Йорке прошло семь лет. Он проходил под флагом комплексирования, объединения различных областей мореведения — физики, химии, биологии и геологии моря. Несмотря на это, как на том конгрессе, так и на нынешнем, сказывались центробежные тенденции, столь характерные для современной науки. Вместе с тем, становится все более и более ясной необходимость целостного комплексного подхода к изучению

океана. Не случайно организаторы конгресса сплошь и рядом затруднялись, на какую секцию вынести тот или иной доклад. Что же касается симпозиумов, то их проблематика находится на стыке геологии и физики, геологии и биологии, биологии и химии, радиобиологии и биогеохимии, биологии и гидроакустики и всех этих наук с техникой. Об этом свидетельствуют сами названия симпозиумов: «Радиоэкология и радиоактивность океана», «Биогеохимия», «Биоакустика» и т. д.

Физики моря, гидрологи и метеорологи в своих докладах давали большие обобщения о тепловом балансе океанов, о взаимодействии океана и атмосферы. Так, известный океанолог Дж. Бьеркнес (США) убедительно показал, как развитие у тихоокеанских берегов Южной Америки теплого течения Эль-Ниньо вызывает ослабление западных ветров в Атлантике и существенные изменения погоды в Исландии, Норвегии и в северо-западных районах Советского Союза. Наряду с углубленным развитием теории течений, в этой области делаются и крупные географические открытия. Так, например, в экваториальной зоне Атлантического океа-

на советскими учеными открыто подповерхностное течение Ломоносова. Переносимый им объем воды лишь вдвое меньше, чем у наиболее мощных на земном шаре течений — Куроиси и Гольфстрима. Гольфстрим, по данным Д. Кнауса (США), пронизывает, оказывается, до дна всю толщу Атлантического океана; там, где глубина возрастает, эта гигантская «река без берегов» сужается, на мелководьях же, так сказать, перекатах — разливается более широко. Глубоко изучаются в современной океанографии проблемы океанической циркуляции и перемешивания (при этом все больше используются данные радиохимии), много внимания уделяется волновым процессам — волнам ветровым, приливным и внутренним, а также цунами.

Региональные доклады были посвящены гидрологии Атлантического океана и особенно его северной части, Тихому океану, Полярному бассейну, Средиземному и Балтийскому морям. В изучение последнего большой вклад внесли польские ученые.

Особое внимание на Конгрессе уделялось комплексному изучению Индийского океана и антарктических вод — ведь эти районы водной поверхности земного шара были до сих пор изучены слабее всего и поэтому явились объектами исследования крупнейших международных экспедиций, заметную роль в которых играли и флагман-ветеран советского научно-исследовательского флота «Витязь» и ледокольный дизель-электроход «Обь».

Геологи, геохимики и представители других наук о Земле занимаются сейчас кардинальнейшими проблемами возникновения и истории не только океана, но и земного шара вообще. Раньше господствовало представление, что Земля образовалась из раскаленного сгустка отделившейся от Солнца материи, которая затем постепенно остывала. По этим представлениям Мировой океан существовал вначале в виде пара и, постепенно конденсируясь, заполнил впадины остывшей земной коры. Если это происходило так, то океан становился соленым лишь постепенно, сначала впитав растворимые соли своего ложа, а затем все больше и больше осолоняясь за счет солей, которые в течение миллиардов лет приносятся в него реками. Интересны, например, подсчеты советского химика О. А. Алекина, согласно которым только за один год в океанносится 2 316 млн. т растворимых солей.

Но на конгрессе восторжествовала сов-



Выступает академик А.П. Виноградов, президент Конгресса

сем иная точка зрения на происхождение Земли, согласно которой она образовалась при накоплении космических тел и при этом наша планета не остывала, а, наоборот, разогревалась. По теории, разработанной акад. А. П. Виноградовым, при кристаллизации базальтов кровли земной мантии вверх поднимались не более легкие, а более легкоплавкие ее компоненты — т. е. газы и вода с растворенными в ней солями. Если это происходило так, то воды океана с самого момента его образования были солеными.

Для решения проблем возникновения и развития на Земле органической жизни правильность той или другой гипотезы имеет огромное значение.

Вопрос о строении подстилающей земную кору мантии давно уже волнует ученых. Американцами разработаны весьма дорогостоящие проекты глубинного бурения, необходимого чтобы достичь так называемой зоны Мохоровичича — зоны раздела между корой и мантией, расположенной на глубине 50—60 км. На дне же океана земная кора в десять раз тоньше, и там, несмотря на специфические трудности подводных работ, эта задача, видимо, более легко разрешима.

Между тем в 36-м рейсе «Витязя» в рифтовой зоне (зоне разрыва) срединного хребта Индийского океана Г. Б. Удинцевым добыты образцы ультраосновных пород, которые рассматриваются им как метаморфизированное (серпентинизированное) вещество верхней мантии. Высказано предположение, что в



Выступает известный американский океанолог, профессор Колумбийского университета, Брюс К. Хизен

рифтовых зонах происходит поднятие и выжимание на поверхность глубинных пород мантии. Данные о вероятном минералогическом составе пород верхней мантии, полученные на основе изучения океанической коры, были доложены на конгрессе американскими учеными (А. и С. Энгель). Подвергались исследованию и докембрийские граниты древнего континентального щита, обломки которого сохранились в виде цоколя Сейшельских островов (Э. Буллард). Со дна Индийского океана У. Ридлем и М. Брамлетом (США) были получены осадки третичного периода.

Несколько десятилетий тому назад геологами и геофизиками была решительно отвергнута теория дрейфа материалов А. Вегенера. Ей оставались верны только биогеографы, которые не могли каким-либо иным образом объяснить изученные ими особенности распределения животных и растений. Однако спорить со специалистами по строению земной коры биологам было, естественно, очень трудно; тем большее удовлетворение они испытывают теперь, видя, как теория подвижности материков возрождается на новом научном уровне.

Таковыми крупными геологами, как Э. Буллард (Англия) была высказана идея о переносе континентов конвекционными течениями в мантии, восходящими под океанами и распространяющимися горизонтально. В пользу материкового дрейфа свидетельствуют и данные по палеомагнетизму. Сейчас про-

водятся обширные работы по изучению рельефа и структуры дна океана и исследованию донных осадков с применением методов минералогии, литологии и петрографии, геохимии, радиохимии, микропалеонтологии, биогеохимии, гидробиологии и др.

Все эти многочисленные данные не только обогащают наши знания (а порой и меняют сложившиеся представления) об истории земного шара, его океанов и морей. Они помогают познать законы формирования залежей полезных ископаемых, обеспечивая их успешные поиски и в земных недрах, поскольку ведь большая часть современных материков была когда-то морским дном. На повестке дня стоит и подводная разведка минерального сырья. Если в СССР его запасы на суше еще достаточно велики, то, например, США серьезно озабочены вопросами добычи со дна океана марганцевых конкреций, которые на глубине нескольких километров местами буквально сплошь устилают дно.

Согласно приведенным на конгрессе данным, запасы нефти на шельфе — континентальной ступени морей и океанов — превосходят нефтяные ресурсы суши. Становится понятным, почему французские нефтяные фирмы не жалеют средств на разведку подводных месторождений и, в частности, щедро финансируют эпохальные эксперименты Ж.-И. Кусто с подводными домами.

Химии моря были посвящены многие интересные доклады. М. Исибаси (Япония) произвел очень тонкие расчеты по содержанию в морской воде радиоактивных и нерадиоактивных микроэлементов и определил по их соотношению возраст океана в 3,2 млрд. лет. Другие методы радиохимии дают сходные величины. Однако морские биологи никак не могут согласиться с этими цифрами, так как считают, что для того, чтобы органическая жизнь на Земле развилась до ее современного состояния, было необходимо не менее 10 млрд. лет. Мы, в отличие от Р. Мензиса и некоторых других американских биологов, глубоко убеждены в том, что в данном случае ошибаются, несмотря на их кажущуюся точность, именно «атомные», а не «биологические часы».

Работа Д. Корлесса (США) по нейтронному активационному анализу изотопов кальция открывает возможность получения геохимической информации о биологической или небιологической минерализации осаждающихся карбонатов и фосфатов.

Внушительное число докладов, прочи-



Член-корреспондент
АН СССР Л. А. Зен-
кевич на заключи-
тельном заседании
Конгресса



Японский гидролог
К. Хидака, профессор
Океанографического
института при Токий-
ском университете

таных японскими, советскими и американскими учеными об искусственной и естественной радиоактивности морской воды и населяющих ее организмов, о путях миграций радионуклидов в морских организмах, вполне позволяет считать, что, наряду с радиохимией, в комплекс наук о море прочно вошла и морская радиобиология.

Из множества докладов о химизме морской воды и осадков хочется отметить интересную работу К. Сугавара (Япония) о неодинаковом горизонтальном и вертикальном распределении в морской воде микроэлементов и о причинах этой неравномерности; а также исследования Я. Мияке (Япония) по геохимическому балансу и циклам в океанах фосфора, кремния и азота. Общеизвестное различие в концентрации этих биогенных элементов в Атлантическом, Тихом и Индийском океанах японский ученый связывает с разницей во времени нахождения вод в глубинных слоях океана. Время пребывания воды на глубине Я. Мияке определяет в 300—350 лет для Индийского и Тихого океанов и в 140—150 лет — для Атлантического.

Большое значение приобретает изучение растворенных в морской воде сложных органических веществ — метаболитов, начиная от углеводов, жирных кислот и аминокислот (среди последних преобладают таурин и глицин, пептидов в морской воде содержится мало) и кончая ростовыми гормонами, витаминами и антибиотиками.

В биологической океанографии все большее применение находят количественные методы исследования. Можно с удовлетворением вспомнить, что для их внедрения в морскую биологию очень много сделала именно советская школа гидробиологов — теперь же эти методы применяются повсюду. Более ясными становятся взаимосвязь и взаимообусловленность биологических явлений с условиями среды. В биологическом «хоре» все громче звучат голоса физиологов, биохимиков, цитологов, биофизиков, генетиков. Несмотря, однако, на современность применяемых ими методов, все же постановка наиболее важных для биологической океанографии проблем исходит по-прежнему от зоологов, ботаников, экологов и биогеографов. Самые изощренные исследования на клеточном и молекулярном уровне служат для решения вопросов, которые ставили и продолжают ставить представители круга наук, кажущихся кое-кому несколько старомодными.

Систематика животных и растений находившаяся одно время несколько в загоне, снова занимает приличествующее ей место. Представителям экспериментальных направлений и на западе и у нас становится все более ясно, что систематика — неотъемлемый фундамент их собственных исследований.

Основным стержнем секции конгресса «Океан и жизнь» служила проблема биологической продуктивности океана. С ней неразрывно связана и проблема пространствен-

ного распределения в океане массовых биологических явлений и процессов — проблема его биологической структуры. Перед морскими биологами стоит грандиозная задача — изучить и поставить на службу человечеству те процессы продуцирования органического вещества, которые осуществляются почти на трех четвертях земной поверхности и которые пока дают человечеству в тридцать раз меньше, чем органические ресурсы суши.

Одновременно с конгрессом в Москве проходил семинар по рыболовству, созданный Международной организацией по вопросам питания и сельского хозяйства при ООН (ФАО). Он решал практические вопросы, связанные с развитием рыбного промысла и рыбного хозяйства. Мысли же участников конгресса были направлены далеко вперед, вперед на многие десятилетия, когда всей логикой событий человечество будет вынуждено сделать океан своей главной житницей. Так, известный польский гидробиолог К. Демель считает, что к 2000 году человек должен будет получать из океана 30% необходимых ему белков.

Уже теперь следует приступить к широко поставленному научному обоснованию использования гигантских (но отнюдь не неисчерпаемых!) богатств океана. И не только к пассивному использованию (пусть даже с применением самой современной рыболовной техники). Мы должны научиться активно вмешиваться в сущность протекающих в океане процессов с тем, чтобы направить их на благо человечества. Эта мысль звучала лейтмотивом в выступлениях крупнейших морских биологов мира. Тревожным было выступление Дж. Стрикленда (США), выразившего серьезное сомнение в том, что мы сможем познать пищевые цепи в океане и «с достаточным пониманием управлять морской средой к моменту, когда человечество окажется перед необходимостью широкого развития «подводного сельского хозяйства». Те же сомнения были им высказаны в отношении размещения отходов, если не будет коренным образом изменено наше отношение к загрязнению открытого моря.

Д. Кушинг (Англия) также считает, что механизмы продуктивности моря поняты нами еще недостаточно. Обсуждая принципы моделирования продукции, он опасается, что модель может не только расходиться с фактами или давать искаженные количественные параметры, но что заложенные в струк-

туру модели представления могут оказаться вообще неприменимыми. Если бы существующие модели были достаточными, то не возникали и не оставались бы пока неразрешенными такие дискуссионные вопросы, как вопрос о достаточности пищи для животных, о природе дефицита биогенных элементов, о масштабе гетеротрофии в море, об использовании организмами резерва органических веществ.

В. Г. Богоров (СССР) тоже затронул в своем докладе многие принципиальные вопросы продуктивности океана, особенно в связи с первичной продукцией и ее дальнейшим использованием гетеротрофными организмами. Он подчеркнул тонкость фотосинтезирующего слоя океана по сравнению с громадной толщей обитаемых вод, тесную связь органического продуцирования с условиями перемешивания и подъема к поверхности богатых питательными солями глубинных вод. Биомассу водорослей Мирового океана он оценивает в 1,7 млрд. *т*, а животных в 32,5 млрд. *т*. (К. Демель, исходя из цифр того же порядка, подчеркивает, что среда океана исключительно благоприятна для воспроизводства животных белков, так как на суше растительная масса превосходит животную в 200 раз.) Богоров же, сравнивая для океана годовую продукцию животных (56 млрд. *т*) с растительной (550 млрд. *т*), акцентирует, что растительная продукция превышает животную всего в 10 раз и что в системе сбалансированного количества превращений живого вещества океана складываются весьма напряженные пищевые отношения. Этой точке зрения несколько противоречат данные Ф. Бернара (Алжир). Он привел поразительные данные об огромных количествах (до 800 000 клеток на 1 миллилитр воды) гетеротрофных жгутиковых организмов в неосвещенной зоне Средиземного моря, на глубине от 200 до 2000 м. Подчеркивая, что описанное им явление характерно лишь для глубоких и тепловодных морей, автор считает, что интенсивный летний фотосинтез в холодных морях может дать достаточно органического углерода для того, чтобы обеспечить питание огромных скоплений гетеротрофных известковых жгутиковых во всех океанах.

В определении первичной продукции в масштабах океана, в детализации ее сезонного и суточного хода уже достигнуты значительные успехи, что видно хотя бы из докладов Е. Стиман-Нильсена (Дания), О. И.

Кобленц-Мишке (СССР), М. Доти (США). Есть, правда, и здесь методические противоречия; в Черном море, например, получены дополнительные пики максимума фотосинтеза в слоях с пониженной прозрачностью воды. Гораздо сложнее обстоит дело с утилизацией первичной продукции в последующих звеньях пищевых цепей. Здесь все осложняется и избыточным выеданием, и наличием или отсутствием пищи, специфичной для определенной стадии развития того или иного компонента вторичных звеньев сложной и многообразной трофической системы. Изучению этих звеньев трофической цепи в планктоне, бентосе и ихтиофауне были посвящены доклады Т. С. Петипа (СССР), Р. Клаттера (США), Р. Иоганнеса (США), С. Хакка (Пакистан) и многих других исследователей. Так, почти параллельно для Адриатики Н. Карловац (Югославия) и для субтропических вод Тихого океана Дз. Накаи (Япония) установили критические моменты в жизни сардины (а во втором случае и анчоуса), когда их мальки, в соответствии с теорией голодания Йорта, погибают, не найдя в нужный период необходимой пищи.

Жан-Мари Перес (Франция) и М. Баческу (Румыния) посвятили свои доклады бентосу — населению морского дна. Подчеркивая гораздо большую стабильность донных биоценозов, по сравнению с пелагическими, Ж.-М. Перес указывал на неправомерность сравнения их динамики. По размерам и особенностям жизненного цикла планктон можно сравнивать лишь с микробентосом, который практически еще совсем не изучен. М. Баческу, приближенно оценивая изученность состава и экодинамики планктона в 80%, считает, что экология и биогеография

бентоса изучены не более чем на 10%. Он также подчеркивает важность исследования микробентоса как важнейшего звена пищевой цепи бентосоядных рыб. В отличие от Ж.-М. Переса, считающего, что бентосные биоценозы оказывают лишь малое влияние на пелагические, М. Баческу полагает, что совокупность планктонных личинок донных животных следует рассматривать в качестве крупной самостоятельной трофической единицы исключительного значения.

Много внимания было уделено глубоководной фауне. Здесь разгорелась жаркая дискуссия между американскими и советскими учеными. Первые считают эту фауну молодой (в геологическом смысле), вторые — очень древней и специализированной.

Что касается конечного, непосредственно используемого человеком звена многогранных пищевых цепей океана — рыбы, то следует отметить составленную К. Паниккаром (Индия) очень яркую рыбопромысловую характеристику Индийского океана, связанную с режимом этого обширного водоема. Биологические основы тропического рыболовства на примере Гвинейского залива осветил А. Лонгхерст (США); Т. С. Расс (СССР) дал характеристику биогеографических комплексов мирового рыболовства.

Перед морскими биологами стоит еще очень много неразрешенных вопросов и трудностей в выполнении сложной задачи познания процессов биологической продуктивности океана, чтобы научиться управлять этими процессами.

Девиз конгресса: «Изучение океана на благо человечества». На пути к этому многое уже сделано и делается учеными всего мира.

УДК 551.46

Ц. Д. Кардашев

Высший медицинский институт (София, Болгария)

Первый национальный конгресс по биофизике и биохимии был созван по инициативе Секции биохимии и биофизики при Союзе научных работников Болгарии и проведен с 25 по 27 мая 1966 г. в Софии. В работе конгресса участвовали 250 делегатов от

Болгарской академии наук, Академии сельскохозяйственных наук, высших медицинских институтов, биологического факультета Софийского государственного университета, от ведомственных научно-исследовательских институтов и т. д. Было заслушано

160 докладов болгарских ученых. В работе конгресса приняли участие 80 гостей из СССР, Румынии, ГДР, Польши, Чехословакии, Венгрии, Югославии, ФРГ, которые представили 60 докладов.

На пленарном заседании доцент Д. Бакалов доложил о развитии биохимии и биофизики в Болгарии. С большим вниманием был заслушан доклад М. Н. Любимовой и акад. В. А. Энгельгардта — «Сходство химических процессов, лежащих в основе движений растений и животных» (зачитан доктором биологических наук М. Н. Любимовой).

Научные сообщения и доклады были распределены по секциям: Биохимия белков и аминокислот; Энзимохимия; Биохимия растений; Биохимия человека и животных; Биохимия микроорганизмов и иммунохимия; Клиническая биохимия; Биофизика и др. На конгрессе были представлены работы не только из области биохимии и биофизики в узком смысле слова, но и из области медицины, вирусологии, органической химии, технической биохимии, биохимии токсических веществ, методов и аппаратов для биохимических и биофизических исследований и т. д.

Невозможно в краткой информационной заметке описать все то новое, о чем делегаты и гости доложили на конгрессе, трудно даже перечислить все наиболее интересные сообщения. Из прослушанных докладов стало ясно, что на высоком уровне находятся исследования нуклеиновых кислот и митохондрий, проводимые в центральной биохимической лаборатории при Болгарской академии наук в Софии (главным образом, под руководством проф. Р. Цанева и А. А. Хаджиолова). Акад. Е. Маковский (Румыния) сделал доклад «Относительно миелической роли фосфолипидов». Внимание конгресса привлек доклад Т. Дечева, Н. Томовой и М. Сеченской относительно возможных энзиматических путей переноса электрона к молекулярному кислороду при фотосинтезе.

Помощь, которую иностранные ученые оказывают болгарской биохимии, наиболее ярко выявилась в секции по энзимологии. Здесь большинство докладов сделали иностранные участники конгресса — проф. П. Милднер (Югославия), И. С. Петрова и И. В. Улезло (СССР) и др. В той же секции было зачитано шесть сообщений по биохимии

псориаза (кожное заболевание) польским клиницистом проф. Е. Лоза, который более 20 лет работает в этой области.

Многосторонней была работа секции биофизики. В Центральной биофизической лаборатории при Высшем медицинском институте в Софии под руководством доцента В. Вранского проводятся работы в следующих областях: исследование активных и пассивных электрических свойств тканей, некоторых свойств эритроцитов, анализ биопотенциалов и др.

По проблеме механизма регулирования обменных процессов в клетке было сделано сообщение А. Москоном и Р. Дечевым. Последние работы в этой области создают возможности для более глубокого теоретического осмысливания давно разрабатываемой болгарскими биологами проблемы стимуляции¹. Среди других интересных выступлений в секции биофизики отметим доклады проф. Р. Цанева и Б. Сендова («Авторегуляция митотической и функциональной клеточной активности») и Т. К. Пангеловой и Р. Г. Людковской («Возбуждающее действие световых волн на изолированные нервные волокна»).

Надо отметить, что к работе биофизиков и биохимиков начинают проявлять интерес молодые болгарские кибернетики. На конгрессе ими было сделано сообщение о перспективных технических и методических новинках, разрабатываемых совместными усилиями биологов и кибернетиков (например, логический анализ ритмов, двойной дискриминатор — планиметр и др.).

На конгрессе были высказаны пожелания более тесного и систематического сотрудничества между биохимиками и биофизиками балканских стран и между государствами всего социалистического лагеря. Были обсуждены конкретные предложения по совместной коллективной работе, изучению и разработке определенных тем, координации научных планов, изданию общих журналов, а также высказаны пожелания более частых встреч для обмена опытом и создания Объединенного института, подобного существующему в Дубне.

УДК 577.1; 577.3

¹ См. П. Илев. Формы стимуляции у растений. «Природа», 1966, № 6, стр. 68—73.

70-ЛЕТНИЕ ПОИСКИ УВЕНЧАЛИСЬ УСПЕХОМ

ИСТОРИЯ МЕТЕОРИТА ЗАБРОДЬЕ

В. А. Васильев

Председатель Комиссии по метеоритам Литовской ССР (Вильнюс)

Ученые подсчитали, что ежегодно на земную поверхность падает несколько тысяч метеоритов. Однако доступными для науки становятся всего-навсего 4—5 метеоритов в год, поскольку подавляющее большинство остальных теряется в обширных водных просторах, горных, пустынных и лесистых местностях нашей планеты.

Итак, 4—5 метеоритов в год! А ведь научная ценность внеземного вещества и заинтересованность им все возрастают. Поэтому каждый метеорит, найденный на Земле, становится своего рода уникальным объектом исследований для специалистов в разных областях науки (петрографов, минералогов, химиков, биологов и т. д.) и большой музейной редкостью. Случайная же потеря метеорита — большая утрата как для современной науки, так и для науки будущего.

В связи с этим стоит рассказать историю одного редкого метеорита, весьма необычного по своей форме, который после падения в 1893 г. исчез и вот уже 72 года считался окончательно утерянным. Лишь в самое последнее время, в 1965 г., он был обнаружен в геологической коллекции факультета естественных наук Вильнюсского государственного университета Литовской ССР, у профессора И. Далинкявичюса, где и хранится в настоящее время.

Ранней осенью (22 сентября) 1893 г. трое крестьян — Фома Демьянко, Станислав Комар и Николай Шумчик из села Забродье (сейчас территория Белорусской ССР) в тем-

ном предутреннем небе с ужасом увидели огромный огненный шар, с невероятной скоростью пролетающий над деревней. Вслед за этим послышались громовые раскаты, сотрясающие окна и стены изб, а в крышу дома Николая Шумчика с треском врезался какой-то предмет, оставив в ней внушительное отверстие. Оторопевший крестьянин бросился в сторону, однако любопытство преодолело страх, и когда спустя некоторое

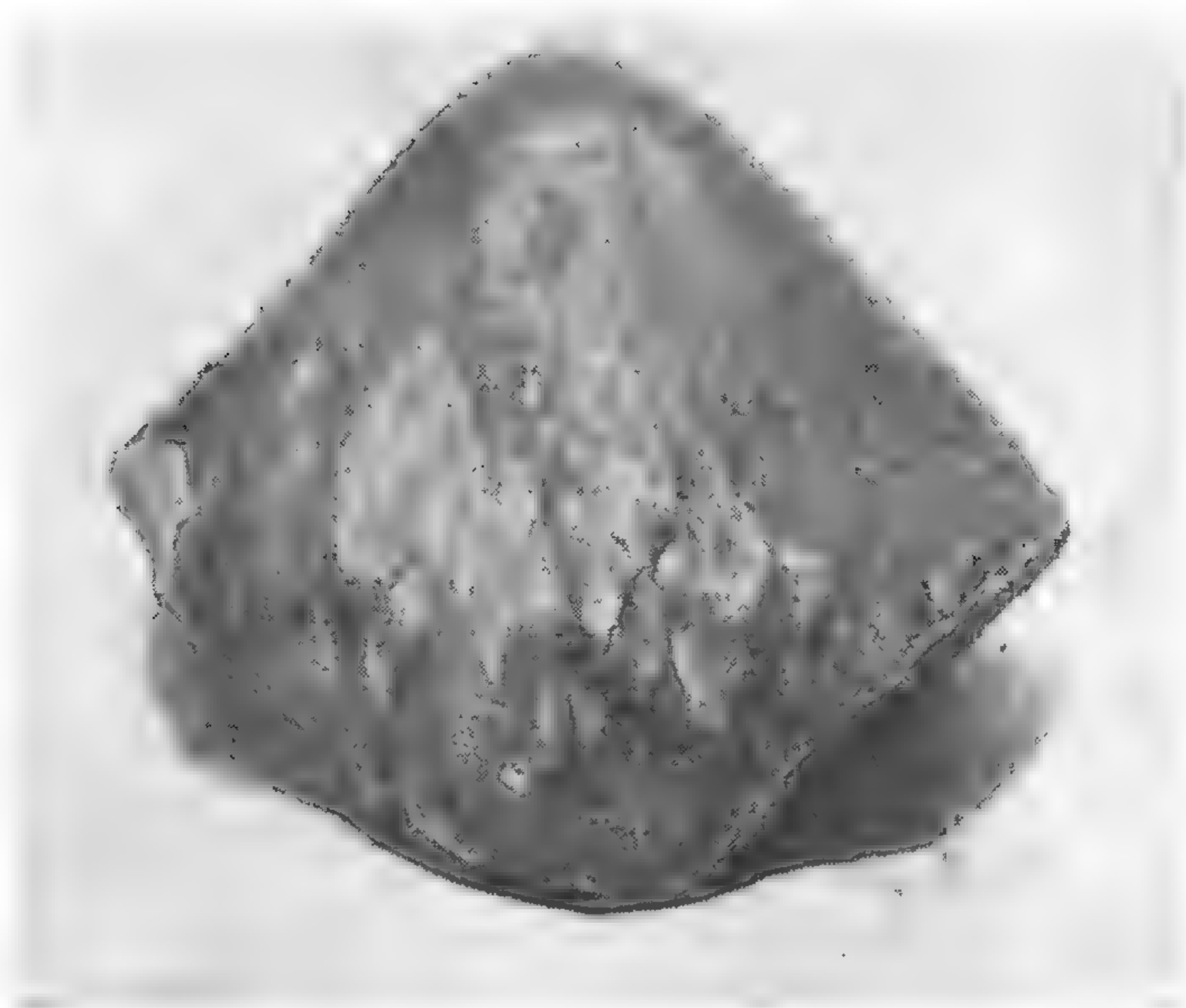


Рис. 1. Метеорит Забродье. Вид сбоку. Хорошо видны регматиты

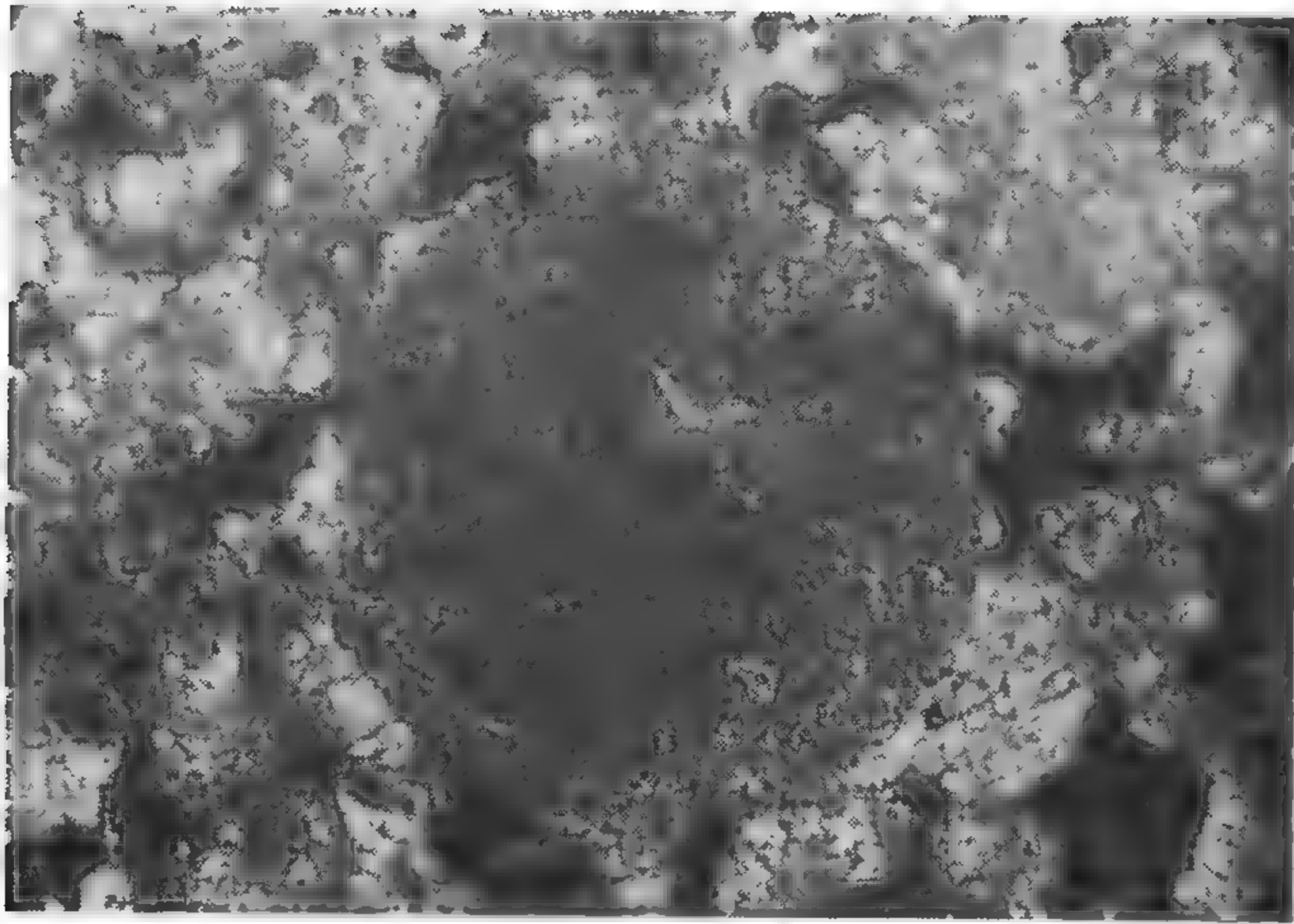


Рис. 2. Округлая хондра лучистого строения в метеорите Забродье. Черное — зерна никелистого железа, серое — оливин. Увеличено в 24 раза

время он произвел осмотр своего помещения, то на полу в сенях обнаружил черный конусовидный камень. Не теряя времени, вооружившись молотком, Шумчик проделал несложную операцию над «пришельцем»: достаточно было пары ударов, чтоб отколоть несколько небольших (к счастью!) кусков от основной массы и вскрыть «нутро». Однако «исследователь» был разочарован: из камня проглядывала пепельно-серая (с голубоватым оттенком), ничем не примечательная порода, содержащая лишь мельчайшие точечные вкрапления железа (увы — не золота!).

Слух о падении камня с неба мгновенно разнесся по всему округу и взглянуть на редкого гостя с небес приехал попечитель Виленского учебного округа А. Н. Сергиевский, который опознал в «небесном» камне метеорит и, много не рассуждая, увез его с собой.

Редкое явление с неоспоримым вещественным доказательством привлекло внимание виленского гражданского губернатора А. Н. Гревеница. Узнав подробности падения метеорита, он направил в Одессу проф. Р. Пренделю письмо, в котором сообщал подробности падения метеорита и называл имена очевидцев.

Получив это сообщение, проф. Р. Прендель обратился к А. Н. Сергиевскому с просьбой прислать метеорит для осмотра, фотографирования и изучения. Вскоре драгоценная посылка была в Одессе.

Вскрыв ящик, ученый извлек из него

метеорит, еще со свежими следами предварительных «исследований»: с тыловой и боковой сторон метеорита недоставало нескольких кусков, которые, судя по общей форме камня и его удельному весу, могли составить 600—700 г. И все же его основной вес был весьма внушительным — более трех килограммов!

После описания внешних особенностей метеорита для дальнейшего изучения его вещественного состава и производства детальных химических и петрографических исследований пришлось отпилить от основной массы кусок весом в 488 г. Неиспользованный для анализов остаток (около 300 г) был передан на хранение в музей Одесского университета. Значительно позднее еще два небольших осколка от метеорита музеем университета были высланы (в виде подарка) Венскому национальному музею (5 г) и Британскому музею в Лондоне (3 г).

Проф. Р. Прендель установил, что метеорит Забродье по своим внешним признакам относится к группе так называемых «ориентированных» метеоритов, с характерной для него формой тупого конуса, немного сжатого с боков, имеющего высоту 9,3 см, длину 18,2 см и ширину 15 см. Это один из двух ориентированных из общего числа 134 метеоритов нашей страны. Второй ориентированный метеорит Каракол, весом 2,8 кг, упавший 9 мая 1840 г. в Казахстане.

Метеорит Забродье покрыт со всех сторон (кроме поверхности скола, разумеется) тонкой (около 1 мм) черно-бурой корой плав-

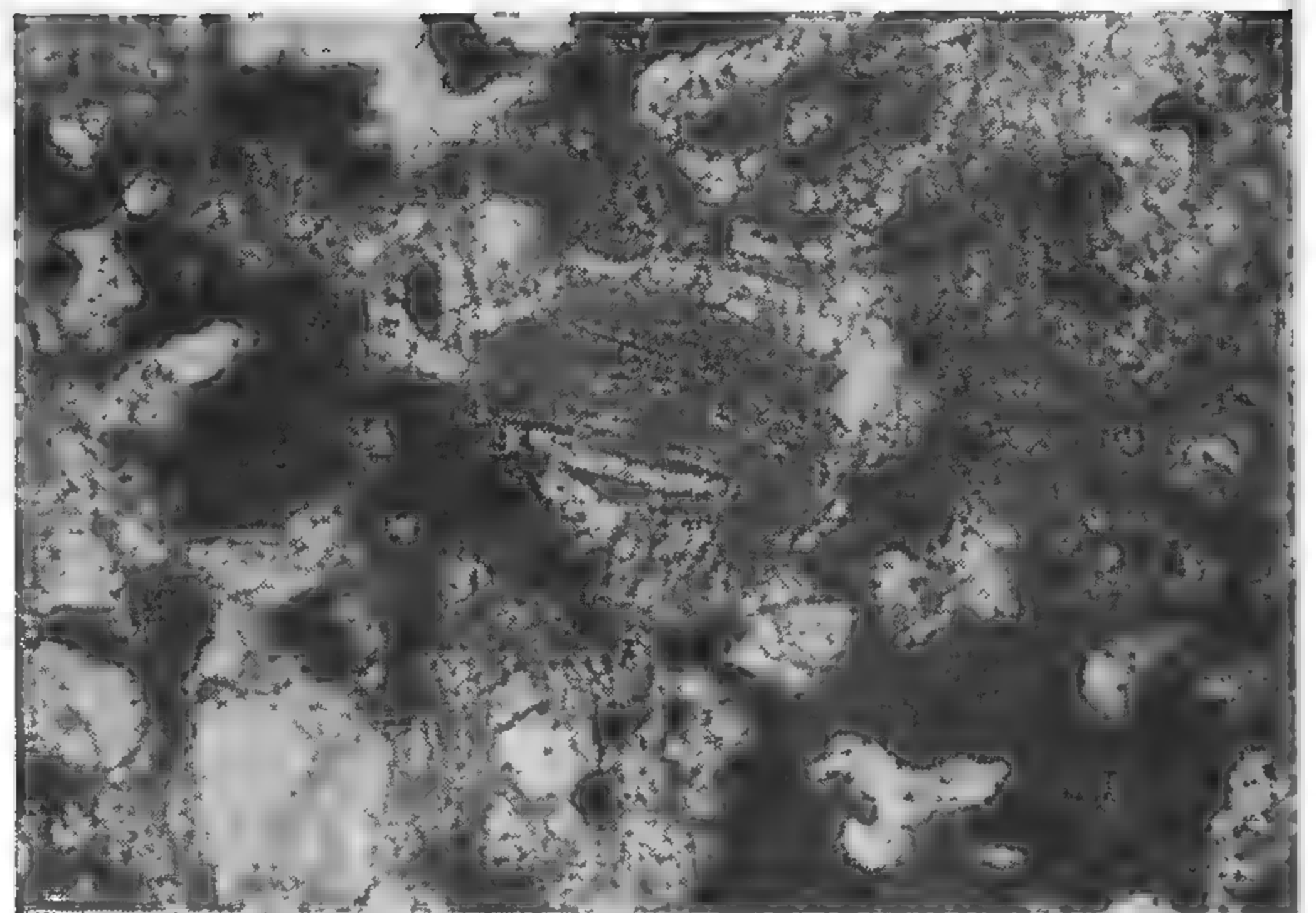


Рис. 3. Оливиновая хондра (в центре) колосникового строения в метеорите Забродье. Черное — зерна никелистого железа, серое — оливин. Увеличено в 24 раза

ления, образовавшейся при полете тела в плотных слоях земной атмосферы и плавления его от трения о воздух. На поверхности метеорита (рис. 1) видны продольные продолговатые углубления, так называемые регмаглипты, расходящиеся от округлой вершины (апекса) в разные стороны волнистыми бороздами, состоящими из цепочек овальных вмятин.

Петрографическое изучение метеорита показало, что он сложен преимущественно магнезиально-железистым силикатным минералом — оливином, среди зерен которого рассеяны небольшие зерна никелистого железа (рис. 2, 3, 4) и более крупные (до 2 мм) овальные или округлые вкрапления тонкозернистого вещества, имеющие весьма оригинальное — лучистое, веерообразное или же колосниковое — строение (рис. 2, 3). Именно эти округлые вкрапления, или хондры, являются тем классификационным признаком, благодаря которому известные нам каменные метеориты можно разделить на две большие группы — хондриты и ахондриты (бесхондровые метеориты). Метеорит Забродье оказался типичным хондритом, что и было установлено проф. Р. Пренделем.

После того, как исследования основного куска метеорита были завершены, Р. Прендель вновь возвратил его А. Н. Сергиевскому, который подарил метеорит Музею древностей в Вильнюсе. Это произошло, очевидно, в начале 1894 г. Именно к этому времени и относится исчезновение метеорита Забродье, поскольку уже в вышедшем в немецкой печати в 1897 г. каталоге метеоритов Е. Вюльфинга говорится о том, что местонахождение основной массы метеорита неизвестно. Последующие составители каталогов также оставляли открытым вопрос о местоположении метеорита.

Благодаря ориентированной форме метеорит Забродье, как и метеорит Каракол, представляет особенно большую научную ценность. Вот почему исчезновение метеорита Забродье волновало многих исследователей на протяжении семидесяти лет.

Тем временем метеорит, вероятно, по-прежнему хранился в Музее древностей Вильнюса. Однако в 1914 г., перед самым началом первой мировой войны, Музей расформировался. Часть его экспонатов была направлена в Москву, а другие переданы Вильнюсскому историческому музею. Возможно, что метеорит Забродье «ушел» по третьему пути — в Вильнюсский универси-

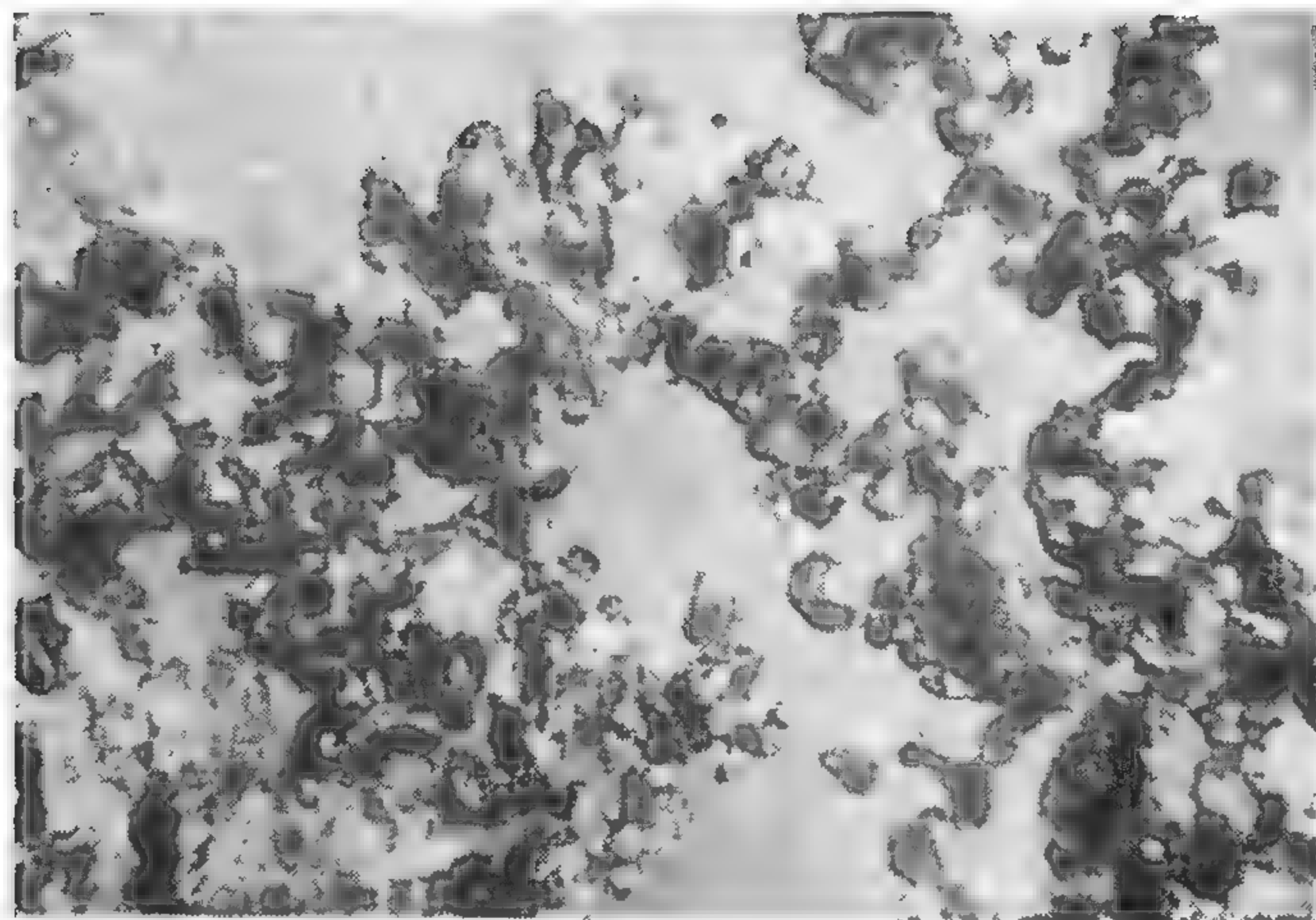


Рис. 4. Зерна никелистого железа, извлеченного из метеорита Забродье. Увеличено в 16 раз

тет, на факультет естественно-математических наук, так как он не числится ни в списках экспонатов, направленных в Москву, ни в инвентаризационных книгах Исторического музея.

Уходят в историческое прошлое бурные события и ожесточенные сражения Великой Отечественной войны, унесшей с собой миллионы человеческих жертв. Гитлеровцами разрушены города, сожжены ценные исторические памятники архитектуры и искусства, разграблены библиотеки и похищены музейные ценности. Казалось бы, кому какое дело до куска камня из Забродья. И все же в этот грозный период находятся люди, энтузиасты науки, которые остаются верны своему долгу, своему призванию. Благодаря их усилиям сохраняются редкие геологические коллекции, музейные образцы горных пород, в их числе и уникальный метеорит Забродье. Тем, что этот метеорит стал вновь доступным для науки, мы в значительной степени обязаны литовскому ученому — геологу проф. И. Далинкявичюсу.

Каждый из наших читателей, кого в какой-то мере заинтересовала биография метеорита Забродье, может познакомиться с его муляжом, а также с другими, не менее интересными метеоритами, в Минералогическом музее им. А. Е. Ферсмана, а непосредственно с самим метеоритом Забродье — на кафедре геологии Вильнюсского государственного университета, где он бережно хранится.

УДК 523.51

НАЙДЕНО В ВЫЧЕГОДСКИХ ТОРФЯНИКАХ

Г. М. Буров

Кандидат исторических наук

Коми филиал АН СССР (Сыктывкар)

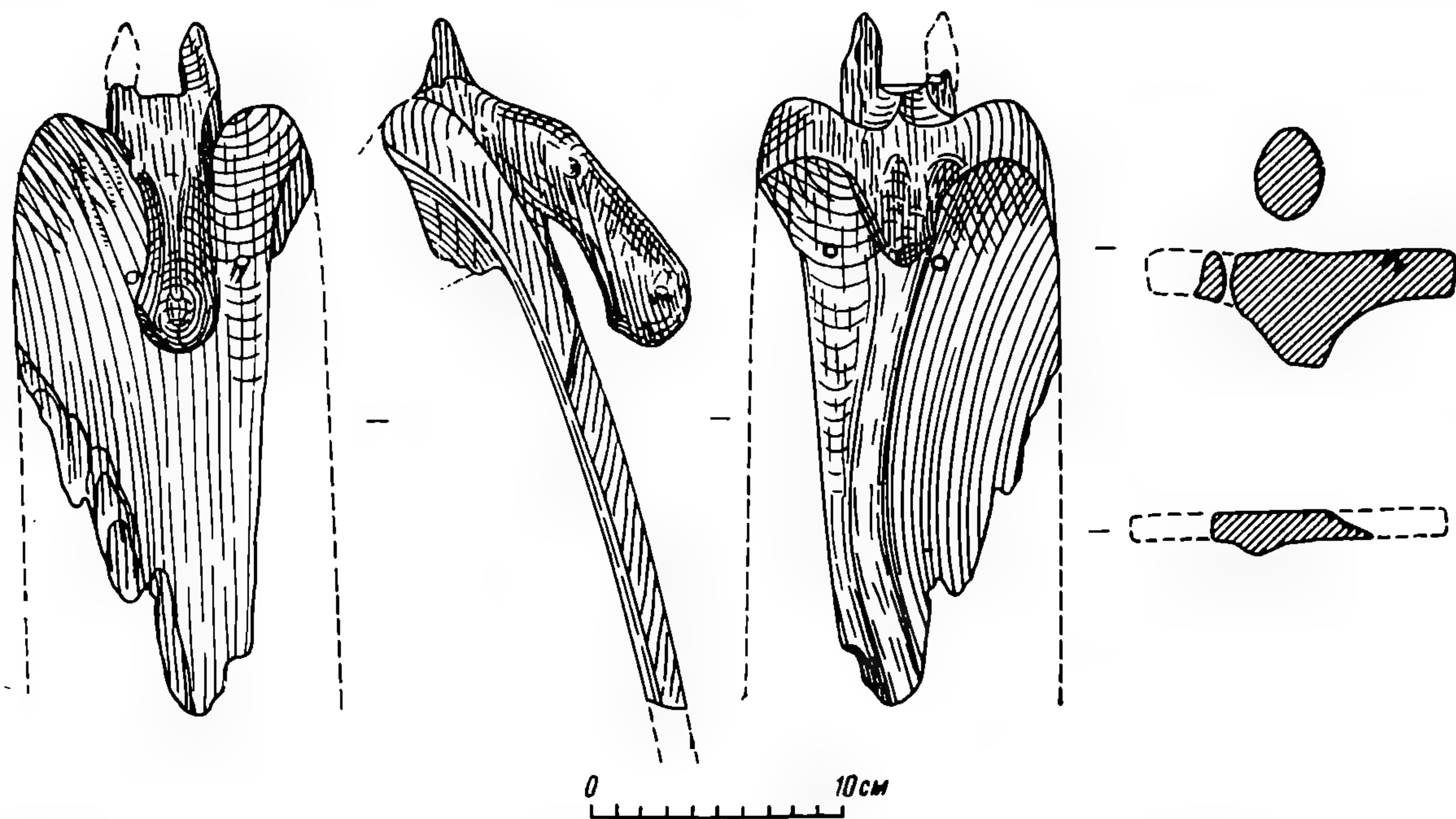
НАСТЫКЕ ГИДРОЛОГИИ С АРХЕОЛОГИЕЙ

Каменные орудия и изделия из глины, реже из кости и металла — таковы находки, с которыми обычно сталкивается археолог. Вещей из дерева, коры и травы исследователь, как правило, не находит, хотя в обиходе древнего человека они имелись. Причина одна — изделия из растительных материалов в обыкновенных грунтовых условиях не сохраняются. И неудивительно, что многие стороны жизни людей далекого прошлого, которые можно было бы изучить по этим предметам, до сих пор совершенно не известны.

Немногочисленные деревянные предметы, сохранившиеся до наших дней, обнаружены

либо в условиях очень сухого и жаркого климата (Средняя Азия, Египет), либо, наоборот, — повышенной влажности, на тех древних поселениях, которые расположены целиком в низинах или в воде. Такие поселения, например в огромном Горбуновском торфянике (Среднее Зауралье) или в пойме р. Кузнечихи (г. Архангельск), сравнительно немногочисленны и, как правило, выявляются случайно, во время торфоразработок или земляных работ.

Предпринимая поиски древних вещей из дерева или коры, мы исходили из предположения, что в зоны широко распространенных и легко открываемых суходольных поселений на останцах и мысах надпойменных террас часто входили болота и речные старицы



Обломок лыжи со скульптурной головкой лося, служащей одновременно и талисманом и тормозом

превратившиеся позднее в торфяники. Предметы, изготовленные из растительных материалов, неизбежно попадавшие в такие болота или водоемы, должны хорошо сохраняться, благодаря консервирующему свойству торфа.

Разведка торфяников, в которых могли оказаться археологические предметы, была начата в бассейне р. Вычегды, на юге Коми АССР.

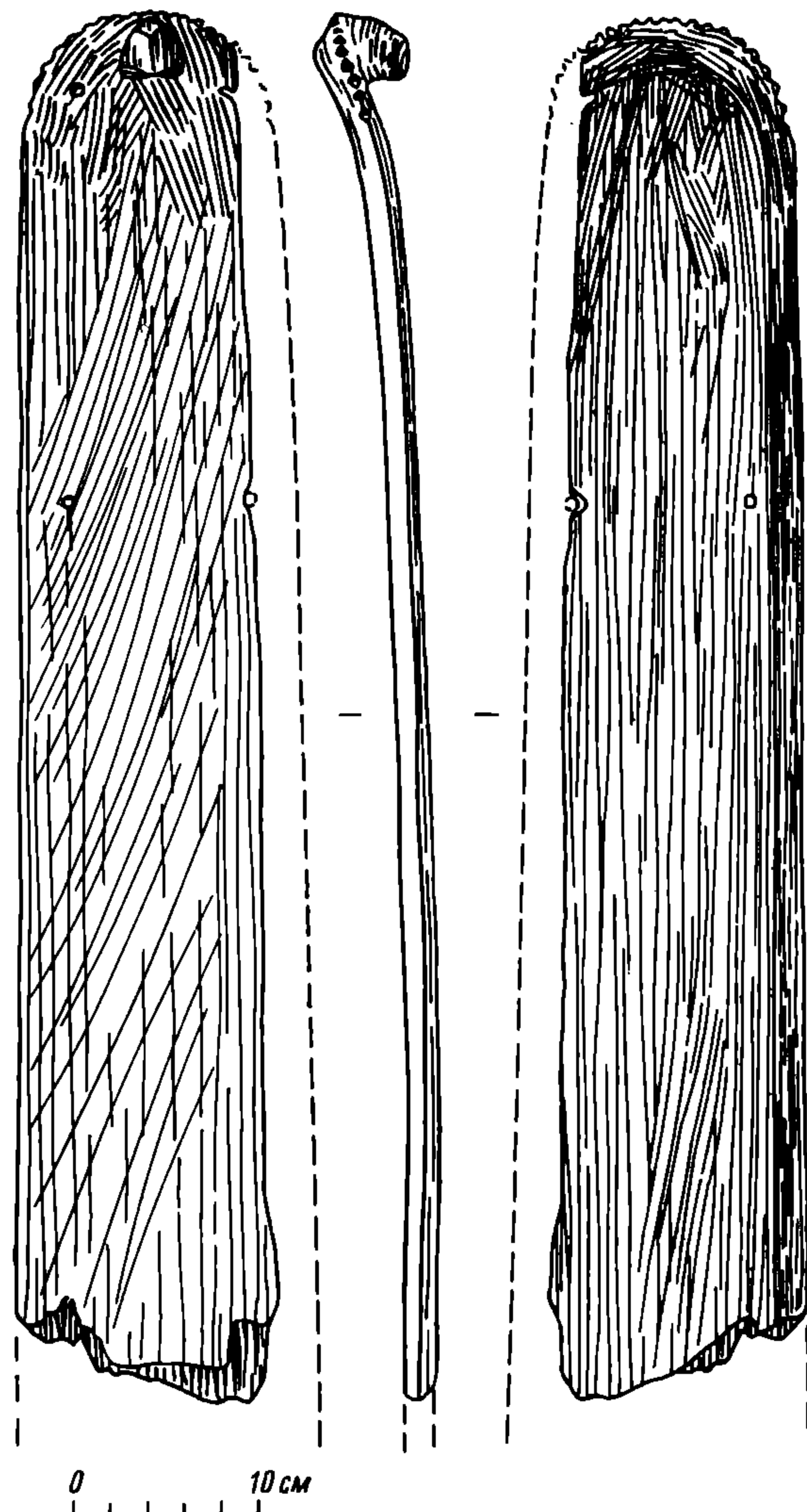
РАСКОПКИ НА ТОРФЯНИКАХ

Летом 1960 г. Вычегодский археологический отряд Коми филиала АН СССР вел раскопки долговременного многослойного поселения Вис I, открытого год назад. Оно находится в живописном месте, недалеко от самого крупного в Вычегодском крае Синдорского озера, на вытекающей из него р. Вис, на невысоком песчаном островке. Здесь древний человек обитал непрерывно или с перерывами от позднего мезолита до конца железного века (VI тысячелетие до н. э. — V в. н. э.). Закончив определенный этап исследований на суходоле, мы решили «попытать счастья» на прилегающем участке поймы. И действительно, на глубине 1,0—2,5 м нам удалось обнаружить слой торфа и гиттии (сапропеля), а в них — деревянные вещи великолепной работы!

В 50 м от этого поселения находится другое — Вис II. Оно занимает островок, который по своей форме аналогичен островку Вис I, но несколько больше по размерам (около 1 га). Здесь также сохранились мощные слои неолита, бронзового и раннего железного века. Сходство двух соседних поселений не оказалось только внешним: вдоль островка проходит торфяник, в нижних напластованиях которого сохранилась масса деревянных и других древних вещей. Только возраст этих находок моложе, чем найденных ранее.

Раскопки торфяников, продолжавшиеся с 1960 по 1965 гг., были сопряжены с большими трудностями. Стенки ямы, выкопанной на территории первого торфяника, быстро обваливались, так как их верхняя часть образована глинистыми и плавунными супесчаными осадками. Поэтому торфяник пришлось вскрывать небольшими отделенными друг от друга участками, которые затем засыпались.

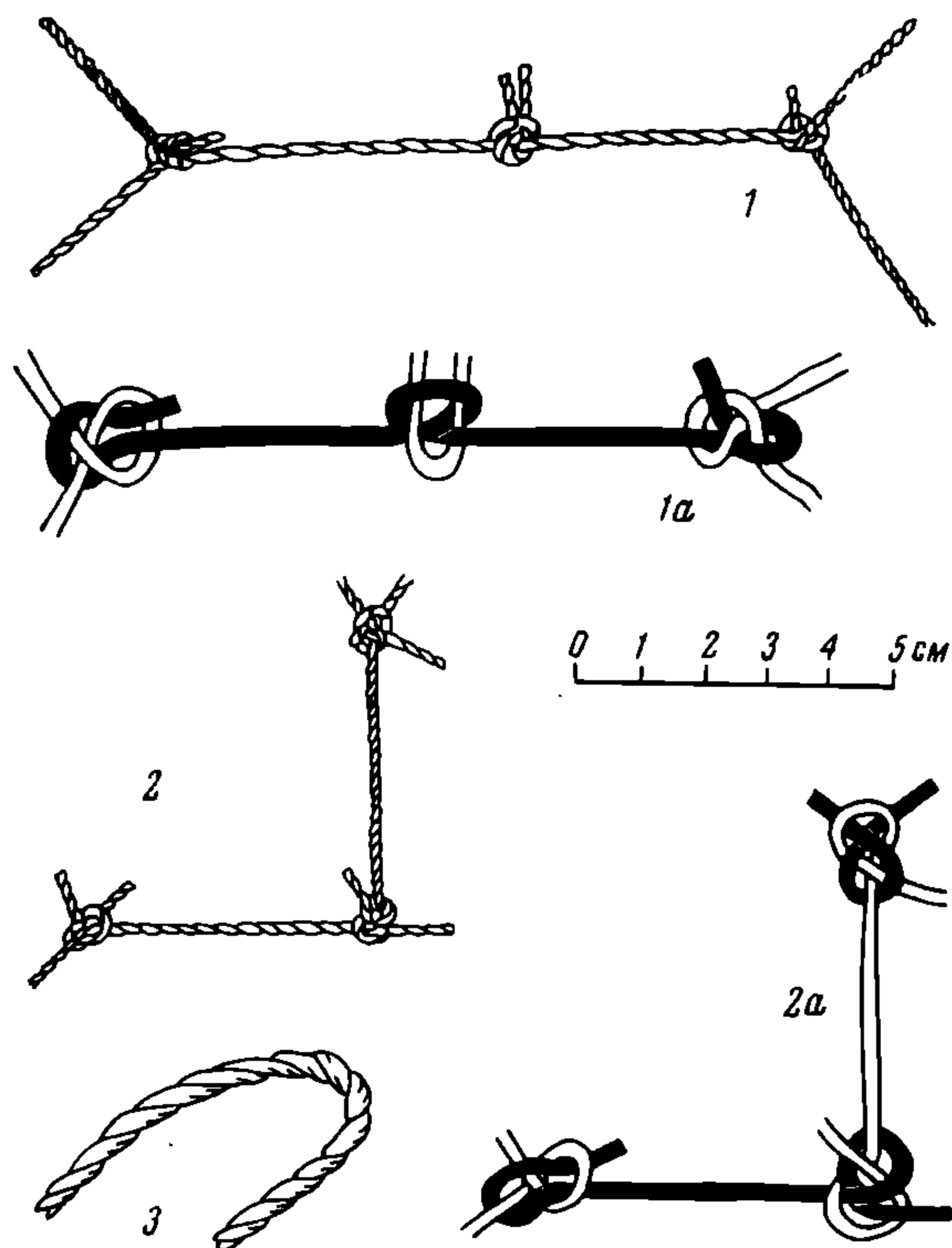
Но главным врагом была вода, та самая вода, благодаря которой, собственно, вещи



Полозья бескопильных саней из первого Висского торфяника

из растительных материалов и сохранились. Оба торфяника залегают целиком ниже летнего уровня соседней реки, и естественно, что в раскопы поступало большое количество воды. Приходя утром на раскоп второго торфяника, мы находили его до половины затопленным, а после выходного дня здесь скопилось десятки тонн воды. Для ее удаления применяли мотопомпу.

Каменные, глиняные и даже костяные изделия, найденные в песчаных слоях высоких речных террас или в пещерах, могут долго храниться в обычных комнатных условиях, совершенно не изменяя своей формы. Совсем иначе обстоит дело с деревянными



Остатки сети из первого Висского торфяника. 1—3 фрагменты сети: 1а, 2а — схема узлов

предметами. За период многовекового залегания в гиттии и торфе древесина настолько пропиталась водой, подверглась таким изменениям, что при обычном высушивании изделия деформируются, уменьшаются в размерах, растрескиваются и нередко распадаются на части.

Для того чтобы предотвратить гибель ценных археологических предметов, было необходимо более крепкие из них (еловые, сосновые, пихтовые, кедровые) длительно (несколько месяцев) сушить плотно обернутыми в бумагу. В этом случае высыхание идет равномерно и предметы почти не изменяют своего облика. Изделия же из слабых древесных пород (лиственных) сушить вообще нельзя. Их приходится хранить в воде.

Каково же происхождение Висских торфяников? Ответ на этот вопрос дало комплексное изучение, в котором принял участие прибывший на место раскопок заведующий кафедрой геоботаники Московского государственного университета, доктор биологических наук С. Н. Тюремнов.

Первый из торфяников имеет дугообраз-

ную форму при длине 150 м и средней ширине 15—17 м, а второй — подковообразную при размерах 250 × 20 м. Судя по форме и характеру отложений торфяники происходят от речных стариц.

В настоящее время от островка Вис I до реки почти сто метров, а некогда он круглый год омывался водой. Вскоре река выработала себе новое русло и вдоль края островка осталась небольшая старица. Древние люди, обитавшие на ее берегу, занимались обработкой дерева. Целые, сломанные и незаконченные вещи, а также жерди без следов обработки, благодаря деятельности человека, попадали в озерко и спустя некоторое время оседали на его дне. Небольшой водоем недолговечен. Его дно покрылось слоем гиттии, началось зарастание озера и превращение его в болото. Аналогичным образом, но в значительно более позднее время сформировался второй Висский торфяник.

АРХЕОЛОГИЧЕСКИЕ КЛАДОВЫЕ

За время пятилетних работ в торфяниках собран огромный исключительно интересный материал, состоящий из уникальных и редчайших вещей.

В первом Висском торфянике найдено более 130 изделий из дерева, коры и травы, а также предметов со следами обработки, причем многие вещи орнаментированы косой сеткой, зигзагами, елочкой, насечками. Собраны также каменные топоры и кремневые изделия. По данным анализа древесины (произведенного радиоуглеродной лабораторией Ленинградского отделения Института археологии АН СССР), начало накопления вещей в торфянике относится приблизительно к рубежу VII и VI тысячелетий до н. э., т. е. к эпохе мезолита. Можно думать, что этот процесс не был очень продолжительным. Вывод о возрасте вещей подтверждается данными пылевого анализа (произведен С. Н. Тюремновым) и самим фактом залегания торфяника под толщей отложений, прорезаемых вторым Висским торфяником с вещами II тысячелетия до н. э. — V в. н. э.

Изделий из растительных материалов, относящихся к мезолитическому времени, на территории СССР ранее почти не находили.

Инвентарь второго торфяника включает массу хорошо датированной керамики (ванвиздинской и отчасти гляденовской культуры), сотни деревянных изделий, веревочку из осоки, костяные наконечники стрел и

стеклянные бусы, в том числе золоченые. В нем обнаружены и остатки рыболовных сооружений.

О том, что древние племена Европейского Северо-Востока занимались охотой, мы еще недавно могли судить только по кратковременному характеру стоянок, находкам кремневых наконечников стрел и костей съеденных животных. Собранный при раскопках материал существенно расширяет наши познания.

В первом торфянике найдены девять охотничьих луков, два из которых совершенно целые. Три лука сделаны из еловых стволов, подтесанных с одной стороны, и, видимо, достигают в длину 170—180 см, т. е. человеческого роста. Эти сравнительно грубые и массивные изделия имеют на концах зарубки для крепления тетивы, а в средней части — боковую выемку для прохождения стрелы.

Остальные луки — тонкой выделки, менее массивные и короче (около 130 см). Верхний конец у них отделан особенно тщательно и снабжен не зарубкой, а отверстием, рядом с которым находится рельефное миндалевидное украшение. На трех луках имеется орнамент.

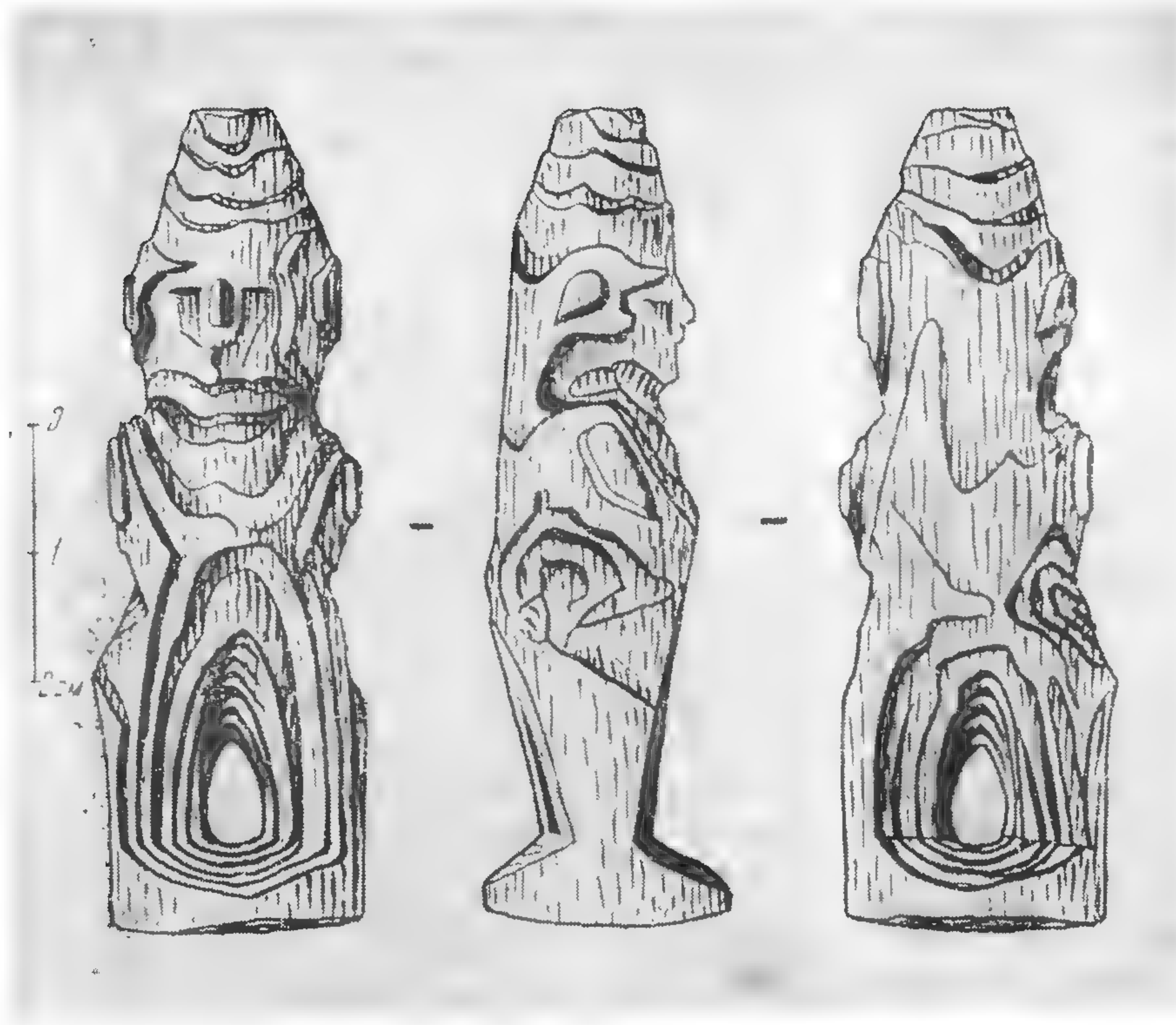
Изделия с отверстием и выступом на конце относятся к весьма интересному типу, который не получил большого распространения. Этим лукам нашелся лишь один аналог и к тому же на весьма отдаленной тер-

ритории. Речь идет о луке XVII в. н. э. из области Мундруку в бассейне Амазонки (Бразилия). Если луки типа Мундруку служили переносным оружием синдорских охотников, то массивные изделия скорее всего можно считать сторожевыми, станковыми. Отправляясь на охоту зимой, охотник брал с собой не только лук со стрелами, но также лыжи и сани. Лыжи изготовлялись очень старательно. Передние концы у них были заострены, края оформлены в виде бортиков. Сверху, снизу и с боков лыжи покрывались богатым орнаментом. Заметно отличается от других одна найденная лыжа. Вместо боковых бортиков по ней проходит волнистое утолщение. Загнутый кверху передний конец увенчан скульптурной головой лося. Видимо, по представлениям людей, живших у места расположения первого торфяника, изображение головы быстрого животного, пользовавшегося в древности особым почитанием, облегчало лыжнику передвижение. Но помимо культового значения головка лося могла иметь и практическое: по-видимому, она препятствовала обратному скольжению лыжи.

Добыча охотника транспортировалась на длинных и узких саях, состоявших из пары скрепленных полозьев. Каждый полоз представлял собой широкую доску с приподнятым передним концом и двумя или несколькими парами мелких отверстий для скрепления и



Мотыга из второго Висского торфяника



Деревянная статуэтка, изображающая человека в башлыке

привязывания веревок. Некоторые полозья богато орнаментированы. В целом висские сани напоминают челнообразные однополосные сани «акья», бытовавшие у саамов и плоский бескопильный «тобогган» индейцев Канады.

Совсем другого типа сани использовали люди второго торфяника. Снабженные копыльями, с узкими полозьями, эти сани уже близки к современным нармам.

СИНДОРЦЫ-РЫБОЛОВЫ

Огромную роль в жизни древних обитателей района Синдорского озера играло рыболовство, на базе которого здесь и возникли долговременные поселения, уникальные для Европейского Северо-Востока. Люди обоих торфяников пользовались лодками, о чем свидетельствуют найденные весла с лопастями дугообразного профиля. Весла раннего торфяника внизу заостряли с тем, чтобы на мелководье их можно было применять как шесты.

Люди первого торфяника изготавливали сети с крупными ячейками (5 × 5 см). Сети

были сплетены из веревочки, которая вилась из скрученных листьев и корешков осоки. Поплавки делались из сосновой коры. Найдена целая серия обручей, возможно, от вентерей. Во времена второго торфяника бесспорно пользовались западниками типа верши из сосновых пластинок, а также рыболовными заграждениями. Вторым Висским торфяником во многих местах был перегорожен. От сооружений сохранились сваи (колья) и жерди. О количестве этих заграждений можно судить по тому, что весь торфяник буквально насыщен жердями и сваями. В свободные пролеты заграждений устанавливались западни.

Таков лов рыбы широко применяется жителями деревни Синдор до наших дней.

Человек второго торфяника отлично знал ловлю рыбы на удочку. Широко употреблялись крупные деревянные крючки, изготовленные из еловых веток с отходящим сучком. Лёса присоединялась в месте начала сучка (в этом случае крючок имел три заостренных конца) или в верхней части. Удильные крючки первого типа еще недавно бытовали у рыболовов Финляндии.

ОРУДИЯ ТРУДА

Из рубящих инструментов древнейшие синдорцы применяли каменные шлифованные топоры, которые чаще всего изготавливались из сланца. Среди других орудий одно из первых мест занимают дугообразные инструменты с деревянной рукояткой и вкладышами-лезвиями, которые закреплялись смолой. Среди орудий второго торфяника очень интересны наиболее крупные: мотыга из отрезка дерева с отходящим сучком (последний служил рукоятью), кирка, видимо, с железными наконечниками, тесла с коленчатыми рукоятками.

Большую роль в жизни древнего человека играл огонь. Для получения трута использовался гриб-трутовик, который часто встречается во втором торфянике. На огне обжигалась глиняная посуда — котлообразные сосуды, украшенные оттисками зубчатого штампа. Для приготовления глиняного теста служили деревянные лопаточки.

Кроме керамики, древние использовали берестяную посуду. В первом торфянике обнаружен такой сосуд кубической формы. Согнутые по диагонали углы берестяного листа были прижаты к двум сторонам сосуда (так, что один угол перекрывался другим), а затем скреплены деревянными гвоздями. Этот простой и оригинальный способ изготовления берестяных коробок (по-коми «кидов») на территории Коми АССР теперь забыт. Уже в эпоху первого торфяника население Вычегодского края умело вырабатывать вещи из дранки, которая переплеталась растительными жгутами, по-видимому, циновки. В хозяйстве людей обоих торфяников широкое применение находили веревочки, свитые из осоки и, вероятно, сухожилий. Для прядения нитей во II тысячелетии до н. э. — V в. н. э. использовали веретена с деревянными и глиняными маховичками-пряслицами.

Оказывается, вычегодские племена имели неплохие познания в науке о свойствах древесины различных пород. Мы уже упоминали о чрезвычайно реалистически выполненной головке лося из первого торфяника. Во втором же найдено скульптурное изображение человечка, несомненно, культового назначения. Древний мастер, умело используя годичные кольца ели, изваял фигурку человека на постаменте. Довольно четко видна голова (вероятно, в башлыке), нос, глазные впадины и рот.

Люди второго торфяника знали, что после легкого обжига дерево становится тверже, и закаливали некоторые свои изделия (например, гребни или штамп) огнем. Еще рань-

ше было известно выжигание орнамента на дереве.

Интересные результаты дали анализы на определение древесных пород, из которых изготовлены различные предметы Висских торфяников, проведенные ректором Белорусского лесотехнического института проф. В. Е. Вихровым и заведующим лабораторией древесиноведения Е. Г. Мельниковым. Оказалось например, что эластичная и сучковатая ель шла на изготовление луков, дугообразных гнутых и коленчатых рукоятей, рыболовных крючков и т. п.

Значение исследований в районе Снудорского озера состоит не только в научной ценности найденных предметов, но и в том, что они подтвердили целесообразность массового изучения заторфованных стариц. Раньше эти старицы привлекали внимание археологов только тогда, когда брались образцы на пылецевой анализ, хотя в таких торфяниках на территории Финляндии и Норвегии дважды находили остатки рыболовных сооружений. Древний человек, поселявшийся обычно у воды, часто обитал по берегам речных излучин, позднее отшнуровавшихся от русел и подвергавшихся заторфовыванию. Следовательно, весьма вероятно, что в черту того или иного поселения, занимающего суходол, входит торфяник с археологическими предметами. Особенно интересны поселения, удаленные в настоящее время от воды.

Можно надеяться, что старичные торфяники, содержащие древние предметы из растительных материалов, будут открыты в зонах многих суходольных поселений как на Севере, так и в более южных районах. Это сделало бы деревянные вещи почти таким же массовым археологическим материалом, как керамика и кремневые орудия.

УДК 930.26; 551.481.2

Дорогие читатели!

Не забудьте возобновить подписку на журнал

«ПРИРОДА» на новый 1967 год.

Подписка принимается агентствами «Союзпечати» и отделениями связи.

ПРИРОДА ВЕКОВОГО ЦИКЛА

М. К о н е ц к и й

Кандидат физико-математических наук

Астрономический институт Чехословацкой академии наук (Ондржейов)

В последнее время все больше выявляется существенное влияние физических процессов, протекающих на Солнце, на процессы, происходящие на Земле. Примером может служить влияние солнечной активности на радиосвязь, на циркуляцию земной атмосферы, на некоторые биологические явления и т. д. Потому очень важно предсказывать ход процессов на Солнце. Для этого нужно изучать физическую природу отдельных проявлений солнечной активности и их взаимную связь, исследовать характер их периодичности.

Для изучения периодичности солнечной активности надо использовать как можно более длинные ряды наблюдений. Поэтому чаще всего анализируют данные о солнечных пятнах, которые наблюдаются дольше, чем другие проявления солнечной активности. Этому вопросу посвящено большое число работ, которые прежде всего показали суще-

ствование двух основных периодов пятнообразовательной деятельности Солнца: четко выраженный 11-летний период числа наблюдаемых групп солнечных пятен и вековой ход высоты максимумов отдельных 11-летних периодов.

Оба эти периода хорошо видны на рис. 1, где нанесены годовые значения так называемых относительных чисел Вольфа R , в некотором смысле отражающих число наблюдаемых групп пятен. У отдельных 11-летних циклов обозначен номер их по цюрихской нумерации.

Однако для изучения закономерностей периодичности солнечных пятен число наблюдаемых групп — не первичный, а потому и не наилучший индекс. Дело в том, что число N групп солнечных пятен, которые в данный момент существуют на Солнце, зависит от того, сколько групп (f_0) возникает на Солнце в единицу времени и какова

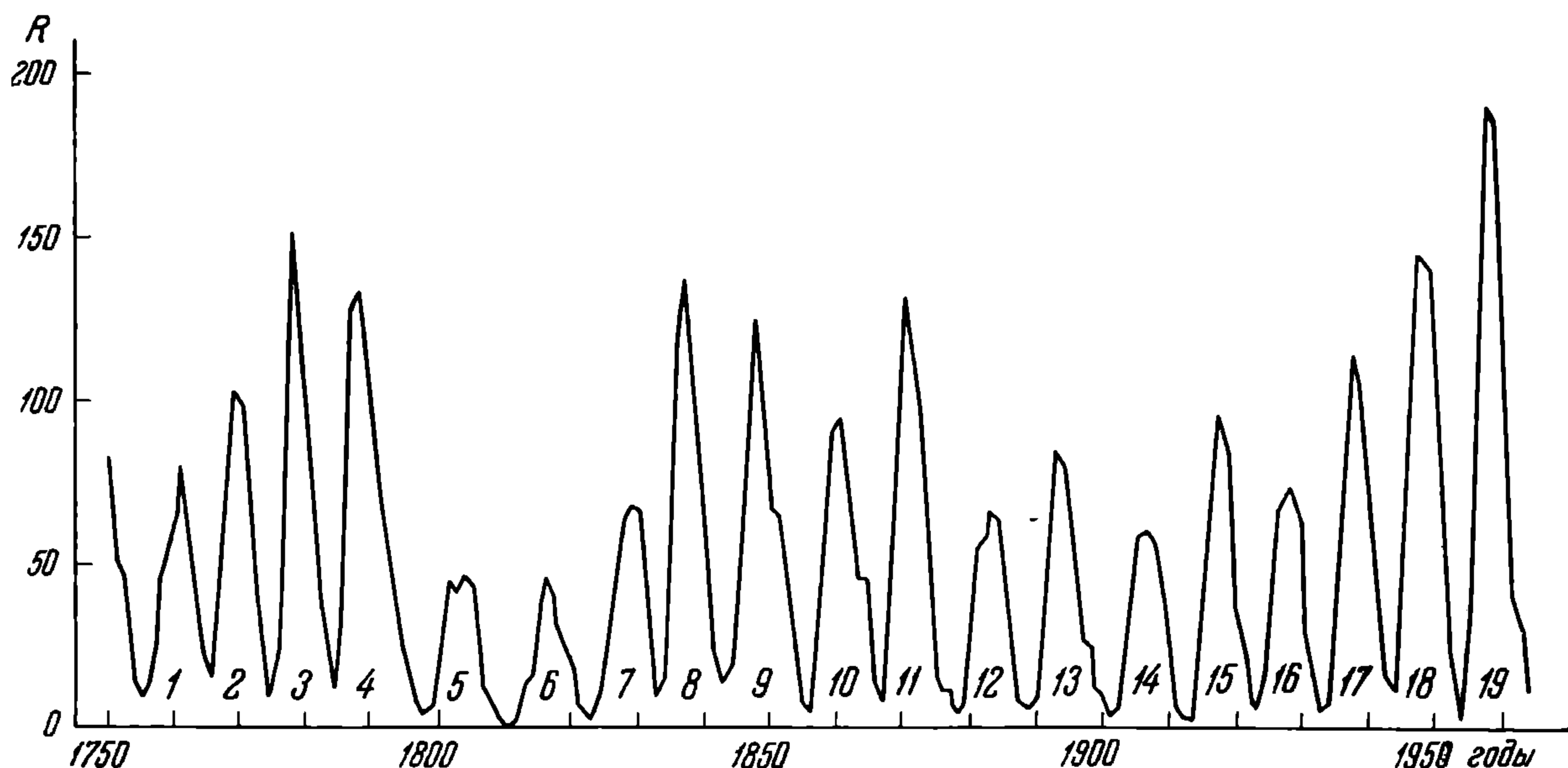


Рис. 1. График изменения относительных чисел Вольфа R за время с 1750 по 1960 гг.

средняя продолжительность их жизни ($\bar{T}_0$). Физические процессы, протекающие на Солнце, непосредственно определяют эти два параметра. Число N всех существующих в данный момент времени групп определяется произведением

$$N = f_0 \bar{T}_0. \quad (1)$$

Параметры f_0 и $\bar{T}_0$ могут изменяться со временем независимо друг от друга. И если мы хотим установить закономерности периодичности пятен, нужно изучать непосредственно именно изменения со временем этих двух индексов, а не число N существующих групп пятен. Последнее представляет собой уже более сложную характеристику, в которой смешаны закономерности первичных индексов f_0 и $\bar{T}_0$. Кроме того, изучение первичных индексов f_0 и $\bar{T}_0$ позволяет нам исследовать периодичность солнечных пятен с двух физически разных точек зрения одновременно; f_0 — индекс частоты явления — отражает количественную сторону процесса пятнообразовательной деятельности Солнца, в то время как средняя продолжительность жизни групп пятен $\bar{T}_0$ служит показателем интенсивности явления и отражает качественную сторону процесса.

Данные гринвичских наблюдений, ведущихся еще с 1874 г., дают возможность изучать изменения числа f_0 возникающих групп пятен и средней продолжительности их жизни $\bar{T}_0$ за наибольший промежуток времени. Однако, к сожалению, они охватывают только одну нисходящую и одну восходящую ветвь векового периода солнечных пятен. Анализ гринвичских данных привел к очень важным результатам. Оказалось, что 11-летний период проявляется только для числа возникающих групп пятен f_0 , а для средней продолжительности жизни групп $\bar{T}_0$ практически не прослеживается. Это хорошо видно на рис. 2, где показано среднее изменение годовых значений f_0 и $\bar{T}_0$ в течение 11-летнего цикла. Вековой же цикл, наоборот, свойствен только средней продолжительности жизни групп пятен, а в числе возникающих групп пятен практически не проявляется. Ход $\bar{T}_0$ с вековым периодом хорошо виден на рис. 3, на котором приведена средняя продолжительность жизни групп $\bar{T}_0$ (в днях) за отдельные 11-летние циклы в зависимости от номера 11-летнего цикла по цюрихской нумерации (см. рис. 1).

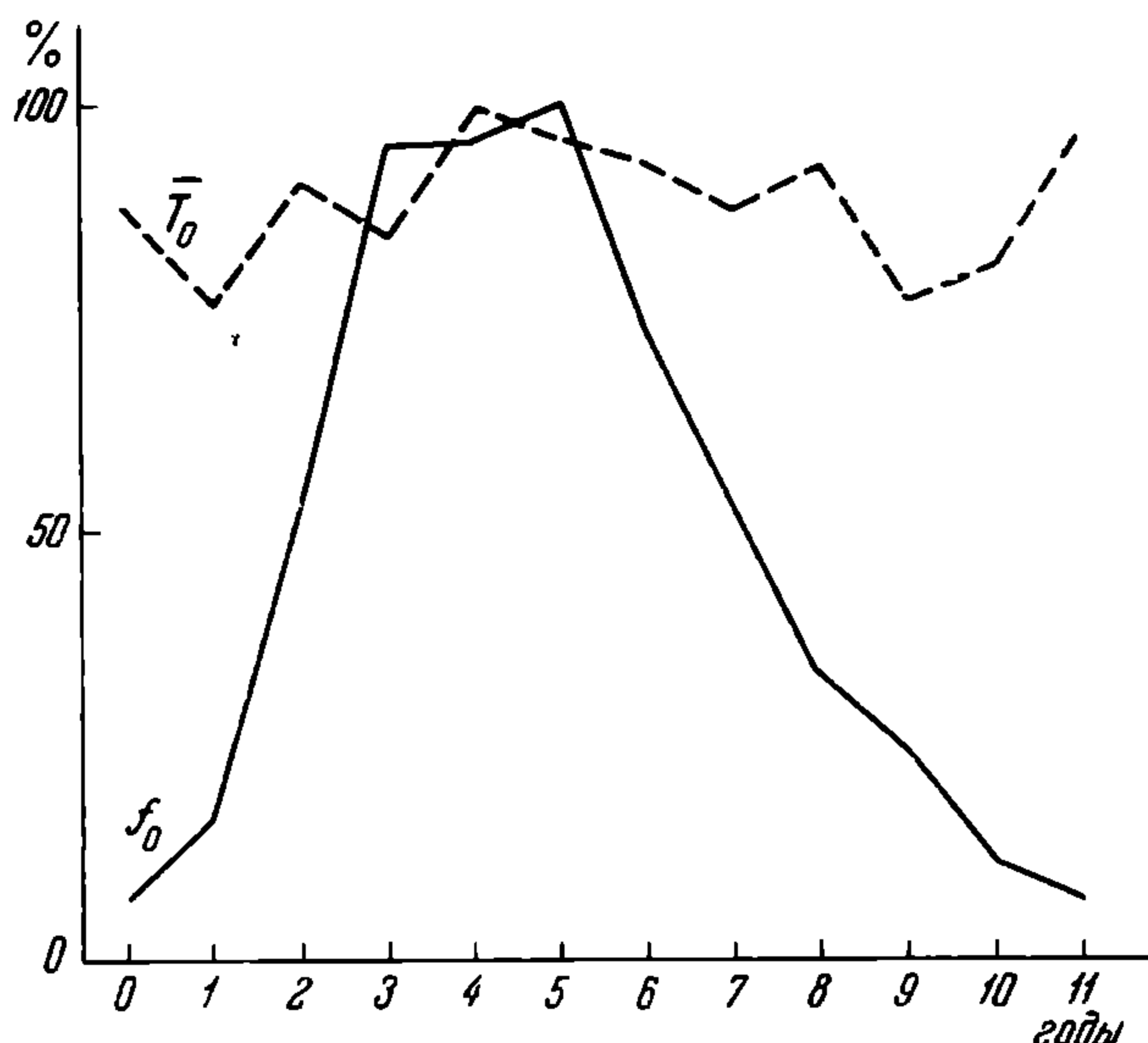


Рис. 2. Изменение среднего значения (в %) числа возникающих пятен в единицу времени на всем Солнце (f_0) и средней продолжительности жизни пятен ($\bar{T}_0$) в течение 11-летнего цикла

Следовательно, 11-летний и вековой циклы пятнообразовательной деятельности Солнца имеют различную физическую природу; 11-летний цикл связан с числом возникающих групп пятен, а вековой цикл — с их средней интенсивностью. И ясно, что в числе наблюдаемых или существующих групп пятен проявляются оба эти периода, налагающиеся друг на друга согласно уравнению (1).

В работах разных ученых, выполненных за последние годы, вековой цикл средней интенсивности групп пятен был исследован более подробно. Коснемся здесь лишь самых важных результатов.

На существование векового периода средней интенсивности групп пятен уже давно обратил внимание советский астроном М. С. Эйгенсон, который изучал так называемый индекс рекуррентности этих групп. В сущности это показатель средней продолжительности жизни групп пятен, если за единицу времени принять один оборот Солнца. Подсчитать этот индекс на основании гринвичских данных сравнительно просто, но его точность невелика, так как оборот Солнца как единица времени слишком велик по сравнению с продолжительностью жизни большинства групп пятен. Ход индекса рекуррентности (a) в зависимости от номера 11-летнего цикла изображен по вычислениям Рингнеса также на рис. 3.

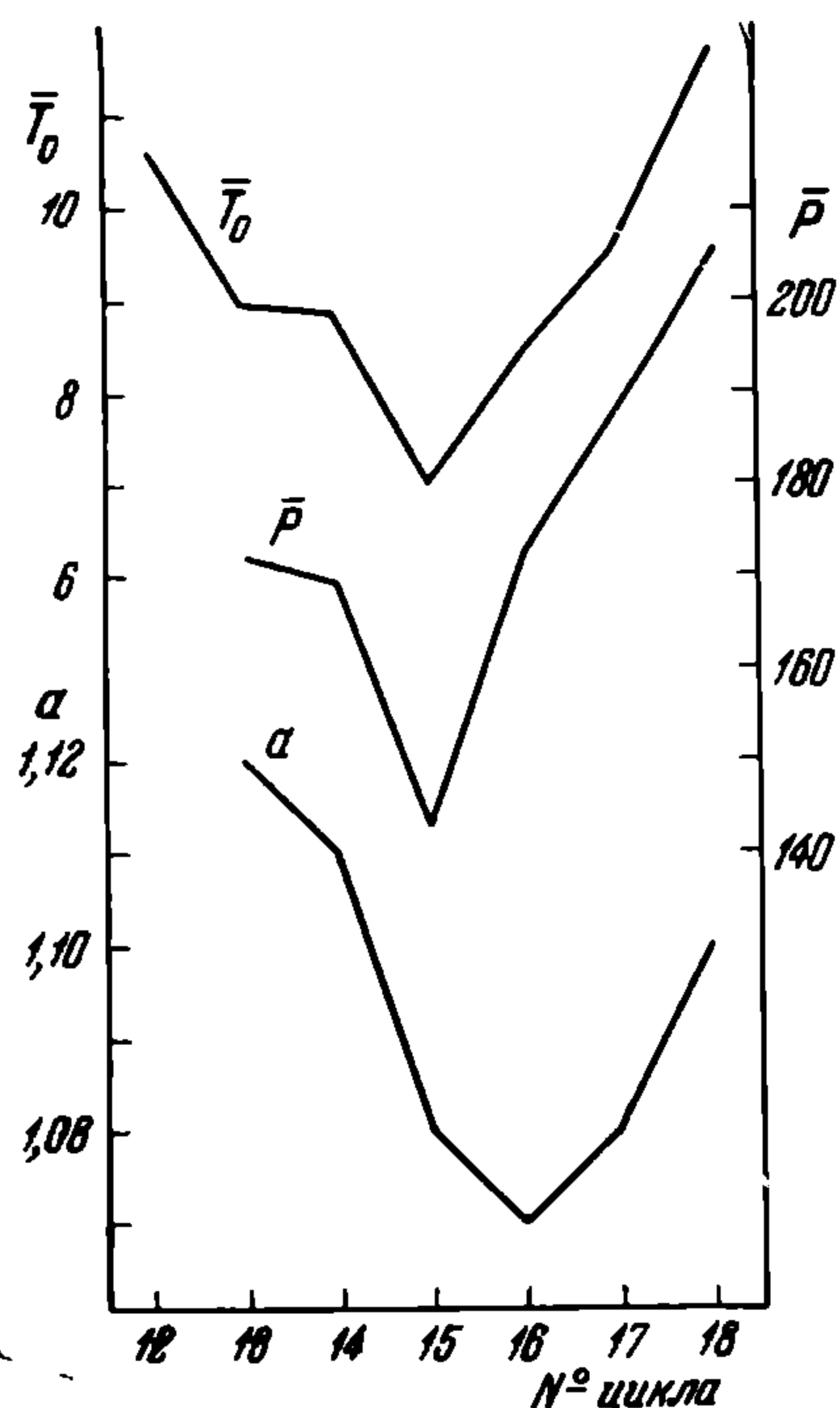
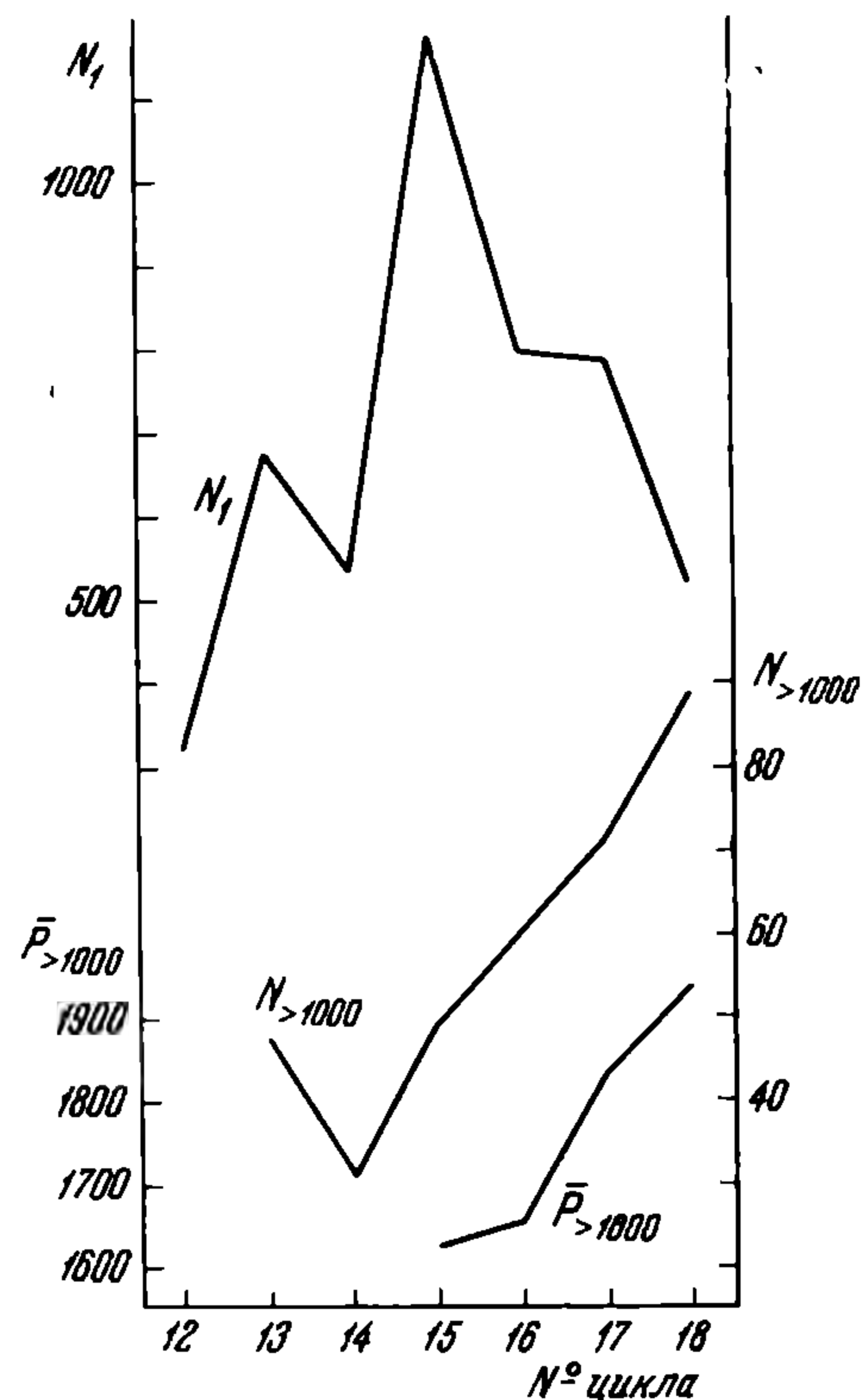


Рис. 3. Средняя продолжительность жизни групп пятен ($\bar{T}_0$) (в днях) за отдельные 11-летние циклы (N_0), средняя площадь группы пятен ($\bar{P}$) и индекс рекуррентности (a) в зависимости от отдельных периодов

Рис. 4. Ход изменения числа пятен (N_1), существующих только один день; $N_{<1000}$ — число пятен, площадь которых составляет больше 1000 миллионных долей площади солнечного полушария; $\bar{P}_{>1000}$ — средняя площадь этих пятен



Вековой период времени выражен хорошо также и в средних площадях групп пятен $\bar{P}$, измеренных в миллионных долях площади солнечного полушария (см. рис. 3). Из этих трех примеров видно, что вековой цикл проявляется не только в средней продолжительности жизни групп пятен, но и в их средней интенсивности.

Но теперь возникает вопрос, чем обусловлен вековой цикл средней интенсивности групп пятен — изменением числа мелких групп пятен, числа больших групп пятен или и тем и другим вместе.

Ответ нам может дать рис. 4, где опять разные индексы показаны в зависимости от номера 11-летних циклов. Во-первых, здесь изображен ход числа N_1 групп пятен, существующих только один день, так называемых однодневков (по Рингнесу) для отдельных 11-летних циклов. Во-вторых, показано изменение числа $N_{>1000}$ групп пятен, которые в течение своего развития достигли по крайней мере площади, равной 1000 миллионных долей площади солнечного полушария, т. е. больших групп пятен (по Рингнесу), а также их средней площади $\bar{P}_{>1000}$. Таким образом, число однодневков возрастает в ми-

нимуме векового цикла и понижается к его максимуму. Между тем число больших групп пятен невелико в минимуме векового цикла и возрастает к его максимуму. В промежутке времени от минимума до максимума векового цикла возрастает не только число больших групп пятен, но и их средняя площадь.

Эти три примера показывают, что вековым изменениям подвержены группы пятен всех интенсивностей. Кроме того, нельзя просто сказать, что во время максимума векового периода продолжительность жизни групп пятен больше из-за того, что больше площадь групп (в среднем, чем больше площадь групп пятен, тем дольше существует группа). Связь между изменениями площади и продолжительностью жизни групп пятен в течение векового цикла более сложная. Группы с одной и той же продолжительностью жизни имеют в течение всего своего развития большую площадь в максимуме векового цикла, чем в минимуме. Это хорошо иллюстрируется рис. 5, где изображен (по Рингнесу) средний ход развития площади групп ($\bar{P}$) пятен с разной продолжительностью жизни в 15-м, 18-м одиннадцатилетних циклах. Из этого вытекает, что во время максимума ве-

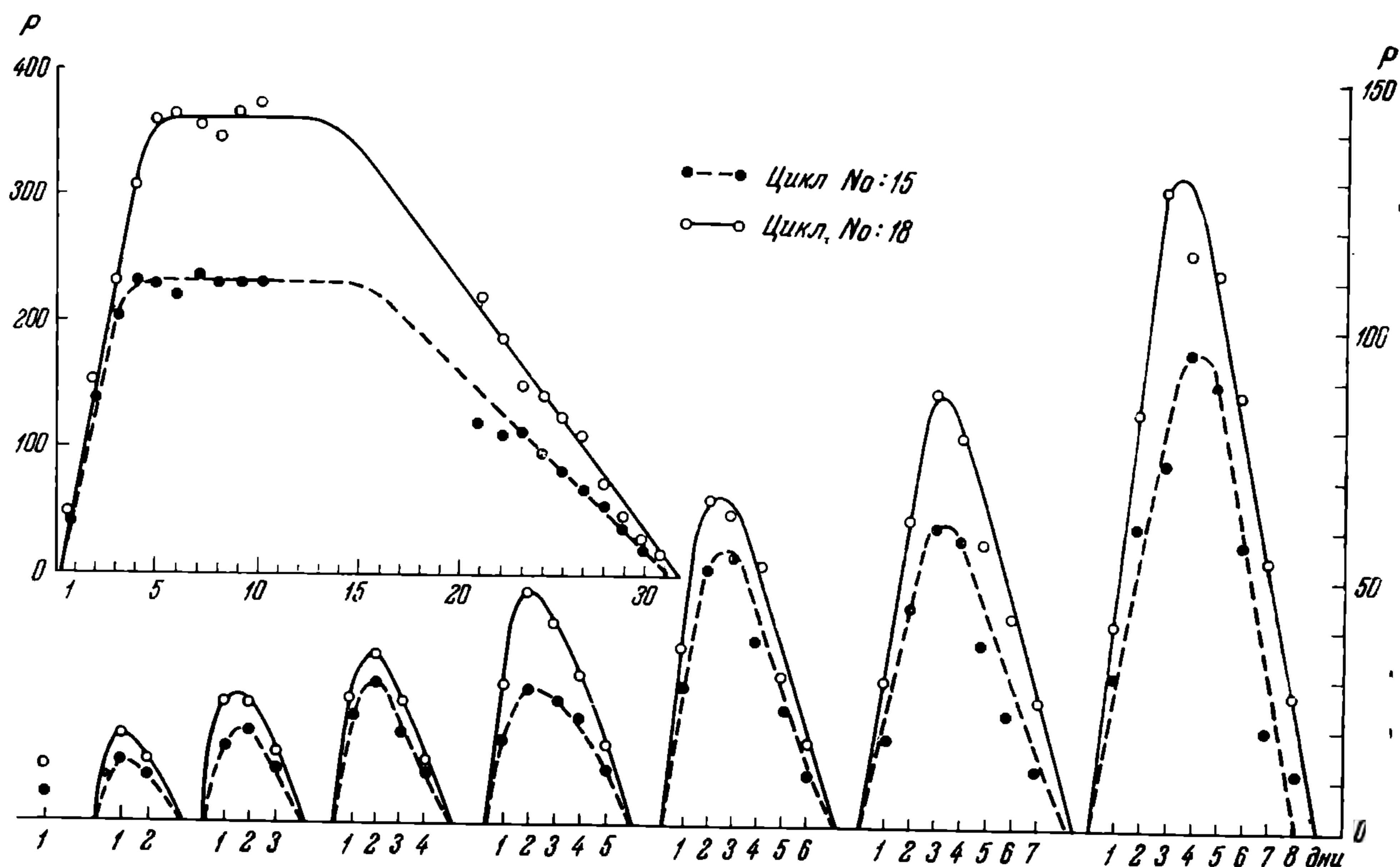


Рис. 5. Средний ход развития площади групп P пятен с разной продолжительностью жизни в 15-м и 18-м одиннадцатилетних циклах

кового цикла возрастает число групп с большой продолжительностью жизни, но при этом группы с одной продолжительностью достигают еще большей площади, чем во время минимума векового периода.

Одно из очень важных свойств солнечных пятен — присутствие в них сильного магнитного поля. Поэтому, казалось бы, интенсивность пятен можно также характеризовать напряженностью их магнитного поля. Но оказывается, что средняя напряженность магнитных полей изменяется противоположно средней интенсивности групп пятен. В то время как средняя площадь или средняя продолжительность жизни в промежутке времени от минимума до максимума векового цикла возрастает, средняя напряженность магнитных полей уменьшается.

Этот на первый взгляд неожиданный результат указывает на одну возможность интерпретации данных наблюдения. Возрастание площади группы P при уменьшении напряженности H их магнитного поля могло бы свидетельствовать о том, что магнитный

поток Φ остается постоянным, так как $\Phi = HR$.

Более подробный анализ показал, что вариации P и H в течение векового цикла можно объяснить, если предположить, что на Солнце пятна образуются во всех 11-летних циклах с приблизительно одинаковым запасом магнитной энергии, с приблизительно постоянным общим магнитным потоком, и что в отдельных 11-летних циклах возникает приблизительно одинаковое число групп пятен. Но в течение векового цикла происходит перераспределение площадей групп пятен, а в связи с этим и перераспределение напряженностей их магнитных полей, которое можно объяснить только тем, что при возрастании средней площади пятен уменьшается средняя напряженность их магнитных полей и наоборот.

Значение этих исследований в том, что они дают нам в руки основные факты для подхода к физической интерпретации периодичности пятнообразовательной деятельности Солнца.

УДК 523.746

ШАРОВАЯ МОЛНИЯ

Г. С. Телетов

(Москва)

Статьей Г. С. Телетова мы открываем дискуссию о природе шаровой молнии. Редакция считает весьма интересным обзор свойств шаровой молнии и предлагавшихся для их объяснения гипотез. Собственная гипотеза автора предполагает существование еще не исследованного современной наукой своеобразного состояния вещества. Как отмечает и сам автор, к подобным гипотезам следует прибегать лишь тогда, когда все более привычные объяснения уже исчерпаны. В одном из ближайших номеров журнала будет опубликована статья, в которой предлагается другая гипотеза, более близкая к обычным представлениям.

Свойства шаровых молний стали обсуждаться в научной печати более ста пятидесяти лет назад. Одним из первых известно сообщение о гибели от шаровой молнии в 1753 г. Г. В. Рихмана, друга М. В. Ломоносова.

Несмотря на многие попытки объяснить это необыкновенное явление, шаровая молния до сих пор остается загадкой. Трудности объяснения связаны с редкостью и сложностью явления. Поэтому организация наблюдения его не проста. Все же накопившееся большое число случайных, но независимых наблюдений указывает на ряд вполне определенных свойств шаровой молнии.

Начиная с 20-х годов нашего века, ряд авторов провел по опубликованным и устным сообщениям сводку и отбор наиболее надежных, по их мнению, данных¹. Научные наблюдения, организованные метеорологическими станциями и любителями природы развивались лишь в последнее время.

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ШАРОВОЙ МОЛНИИ, ЕЕ ЭНЕРГИЯ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ

Шаровой молнии обычно предшествует очень сильный разряд линейной молнии, причем чаще всего в условиях других интенсивных атмосферно-электрических явлений: бурь и ураганов, сопровождаемых грозами (рис. 1).

Связь этих двух видов молнии почти ни у кого не вызывает сомнения, но шаровая появляется крайне редко: на 1000 разрядов линейной приходится 2—3 разряда шаровой. Шаровая молния иногда появлялась и при ясном небе. Видимо, в этих случаях гроза разыгрывалась на некотором расстоянии от места наблюдения.

Шаровая молния обладает необычайно большим запасом энергии. Э. Маттас¹ оценил ее приблизительно в 5000 ккал/г. В одной из оценок он исходил из энергии разряда линейной молнии; в другой — из энергии излучения и времени существования шаровой молнии. Более прямую оценку посчастливилось сделать Б. Гудлету, благодаря «содействию» самой шаровой молнии. Она упала в «калориметр» — чаш с водой и за несколько минут вскипятила воду. Средняя энергия оказалась при этом в пределах 1,4—4 ккал/см³. Д. Карпентер ссылается на случай, когда молния диаметром в 16 см обладала энергией в $5 \cdot 10^6$ Дж, т. е. средней по объему — в 0,6 ккал/см³. Вероятно, величина удельной энергии шаровой молнии достигает порядка 1000 ккал/г. Поэтому она иногда оплавляла рельсы, сейфы и другие металлические предметы, а иной раз даже испаряла металл. Иногда она производит сильный взрыв с ослепительной вспышкой, порой оставляя весьма значительные разрушения.

¹ См. W. Brand. Der Kugelblitz, 1923; П. Н. Чирвинский. «Климат и погода», т. 68 1936, № 5, Он же, «Природа», 1949, № 6, стр. 14—20.

¹ E. Mathias. Comptes rendus. Ac. Sc., Paris, т. 182, 1926, № 3.

Взрывы шаровой молнии отличаются высокой бризантностью (резкостью). Они могут быть полными и частичными, иногда остаток шаровой молнии продолжает самостоятельное существование. Взрывается она обычно при столкновении с предметами, но иногда и без соприкосновения с ними, проявляя тем самым свою неустойчивость.

Часто после взрыва или в процессе распада молнии остается дымка, кажущаяся коричневой в проходящем свете и голубой в отраженном, или же густой белый дым, причем этому сопутствует резкий запах. Причиной и того и другого можно считать образование окислов азота, которые являются окончательными продуктами распада шаровой молнии.

В других случаях молния, напротив, проявляла довольно значительную устойчивость даже при посторонних воздействиях — свойство, привлекающее к себе внимание. Она не всегда завершает свое существование взрывом, часто она спокойно «погасает», как бы растаяв.

Весьма удивительное свойство шаровой молнии — ее длительное существование, по разным оценкам — от нескольких секунд до 10—20 мин.

ВНЕШНИЙ ВИД

По окраске и яркости она бывает ослепительно-белой, голубоватой, зеленоватой; более часто — желтоватой, оранжевой, красной и тускло-красной. «Старая», она может эволюционировать от ослепительно-белой к красной с уменьшением своей яркости.

Некоторые очевидцы рассказывают о превращении красной шаровой молнии в голубую (Э. Матиас). Ослепительно-белое и ярко-голубое свечение указывает на очень высокую температуру в ней. Но даже красная или тускло-красная шаровая молния, обладающая, разумеется, относительно меньшей температурой, может нести скрытую энергию, которая обнаруживается при сильном взрыве с ослепительно-белой вспышкой.

Часто шаровая молния имеет неоднородные цвет и яркость. «Более внимательные наблюдатели различают в ней ядро и оболочку. Возможно, что это свойственно вообще всем шаровым молниям»¹...

Обычно «молодые» ослепительного свечения шаровые молнии имеют резкие внешние



Рис. 1. Сложный комплекс траектории сильного разряда молнии

контуры, «немолодые» — окружены туманным ореолом.

Размер шаровой молнии, по В. Брандту, Ж. Р. Мак-Нейлю и др., может варьировать от горошины, ореха до шара с диаметром в 27 м, а чаще всего ее диаметр ~10—20 см. Обычно она круглой формы, иногда представляется как овалоид. Изредка речь идет об образованиях еще более уплощенной формы, в виде диска, которые наблюдались в основном на больших высотах.

В некоторых случаях эти образования имеют четко выраженное кольцевое строение. Фотографию подобной «шаровой молнии»¹ вы

¹ См. «Природа», 1949, № 6; «Климат и погода», 1936, № 5.

¹ См. «Journ. Appl. Phys», 1939, v. 10, № 9.

видите на рис. 2, *вверху*. Авторы статьи (R. E. Holze, E. J. Workman), из которой взят этот снимок, обращают внимание на то, что «шаровая молния» оставила на фото горизонтальный трубчатый след. Очевидно, такой след может быть оставлен светящимся кольцом, у которого при движении экваториальная плоскость остается вертикальной.

Встречается и такое описание: от застывшей в воздухе шаровой молнии тянется вверх язык пламени, придавая ей форму груши. Случалось, что за движущейся шаровой молнией следовал огненный хвост и она казалась «огненным драконом».

ХАРАКТЕР ПЕРЕМЕЩЕНИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ

Шаровая молния проникает через отверстия, которые гораздо меньше ее самой¹. Однажды молния, имевшая «вид ослепительно светящегося шара величиной с кулак», влетела в комнату, проплавив в стекле дырку диаметром около 1 см. Подобные факты интересны для изучения строения шаровой молнии. Часто она сразу после рождения от линейной молнии падает как тяжелое тело — это объясняется именно гравитацией, а не иными причинами. Известны случаи, когда она прошла под водой.

Приходилось наблюдать шаровую молнию, парящую в воздухе, т. е. она имела средний удельный вес, близкий к воздуху. Это также кажется странным: если бы она содержала в себе только горячую плазму при том же — атмосферном — давлении, то всегда взлетала бы вверх.

Случалось, что после рождения она падала, как тяжелое тело, с более или менее значительной скоростью, затем ее падение замедлялось (уменьшался средний удельный вес), она начинала парить в воздухе, ее цвет изменялся в сторону красного, яркость уменьшалась, а ее движение становилось восходящим. Или же, упав на землю, она частично взрывалась, теряя часть энергии и массы и, отскочив от земли, устремлялась вверх².

Скорость шаровых молний бывает весьма различной. Она может почти неподвижно осесть на горизонтальной поверхности, иной раз в виде кипящего, бурлящего, мечущего искры шара, или на некоторое время «по-

виснуть» в воздухе. Скорость поступательного движения чаще всего порядка нескольких метров в секунду. Ее движение может быть обусловлено воздушным течением, но обычно от него не зависит. Иногда скорость ее была порядка десятков и сотен метров в секунду (а возможно и больше) при ракетобразном движении; это относится как к горизонтальному, так и вертикальному ее перемещению. На больших высотах скорости обычно велики — порядка десятков метров в секунду и более.

Траектория шаровой молнии весьма произвольна: от почти прямолинейной до хаотичной, напоминающей «броуновское» движение.

В ряде случаев поведение шаровой молнии отражало некоторые автоколебательные процессы, совершавшиеся в ней. Двигаясь по горизонтали, она может одновременно колебаться по вертикали, как бы прыгая. Или же, «повиснув» в воздухе, она как бы «колышется» около среднего положения. На снимке (см. вклейку I) запечатлено равномерное падение молнии диаметром в 8—10 см. Происходящие в ней периодические внутренние возмущения — автоколебания оставили отчетливый след: кажется, будто с неба свешивается веревка с узлами примерно на одинаковом расстоянии, в 5—7 м друг от друга. Очень своеобразные следы шаровой молнии отображены и на других фотографиях (рис. 2, *внизу*). Они имеют вид множества светлых бусинок или черточек, чередующихся с темными местами. Судя по описанию и по виду траектории, эти молнии, подобно пульсирующим переменным звездам, периодически то меркли, то вновь вспыхивали.

Во многих случаях четко выявлено более или менее интенсивное вихревое, вращательное движение.

ДРУГИЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Взаимодействие шаровой молнии с окружающими телами проявляется очень разнообразно. Иногда она лавировала между немаetalлическими предметами, отскакивая от них, как упругий мяч, но не взрывалась.

Часто — обычно «молодые», ослепительной яркости — шаровые молнии притягиваются к металлическим предметам и стремятся «осесть» на них. В иных же случаях они, напротив, «тенденциозно» избегают хороших проводников; или, как бы играя, «танцуют» около металлических предметов, то прибли-

¹ И. С. Стекольников. Изучение молнии и грозозащиты. Изд-во АН СССР, 1955.

² См. W. Brand. Der Kugelblitz, 1923.



Рис. 2. Фотографический след «шаровой» молнии, имеющей трубчатый вид. Такой след мог быть оставлен светящимся кольцом, у которого при движении экваториальная плоскость оставалась вертикальной (*вверху*)

Шаровая молния, совершая хаотическое движение в пространстве одновременно, подобно пульсирующей, переменной звезде, периодически то меркла, то вновь вспыхивала. Второй, идентичный, меньшей яркости след создан внутренними отражениями в объективе фотоаппарата (*внизу*)

жаясь к ним, то удаляясь, без видимых причин. Согласно некоторым сведениям, они способны сильно намагничивать ферромагнетики — стальные предметы.

Бывают случаи, когда несколько шаровых молний как бы сливаются в одну, более крупную. Но может произойти и обратное — распад одной крупной на несколько меньших. Шаровая молния часто производит свист, завывание, жужжание, шипение, потрескивание.

Приведем примеры, говорящие о при-

сутствии взрывчатого конденсата и распада его на более мелкие частицы.

Однажды при сильном взрыве молния рассыпалась на светящийся бисер по всей крыше, которая сразу вспыхнула, несмотря на сильный ливень (здесь проявилась очень большая удельная энергия мелких частиц). Пролетая по воздуху, молния порой оставляет за собой след из «серебряных» и «золотых» искр. Иной раз она представляется светящимся образованием, окруженным лиловато-сиреневым сиянием, которое внутри

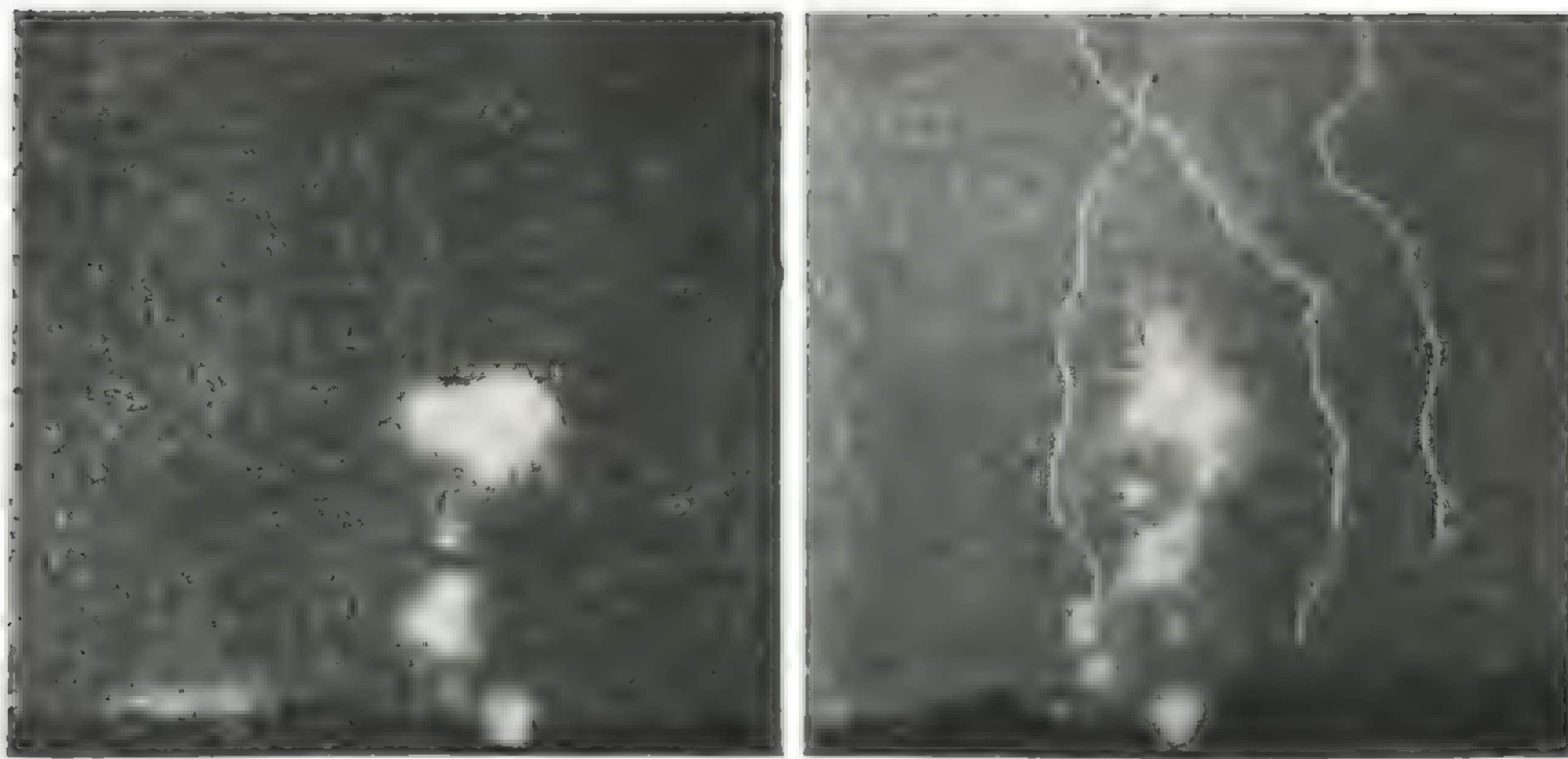


Рис. 3. Снимки Иенсена двух последовательных стадий интенсивного распада крупных шаровых молний размером 10 м

кажется раскаленным добела куском железа, в котором зигзагами пестрят искорки еще более светлые. Бывает, что шаровая молния, взрываясь частично или полностью, выбрасывает лучи «змеистых молний», подобных трассирующим пулям. Иногда она появляется во время грозы в виде громадного снопа пламени грязно-золотистого цвета, из которого непрерывно сыплются голубоватые шарики, разряжающиеся при ударе о поверхность земли. Видимо, подобный случай удалось заснять Иенсену (рис. 3).

Наконец, известна серия «очень странных» случаев, требующих особого объяснения. Это появление шаровой молнии от разряда из телефонных, телеграфных аппаратов, вообще из окончаний металлических тонких проводников, находящихся в закрытом помещении. По-видимому, в таких случаях удар линейной молнии приходился на наружные вводы этих проводников. В некоторых случаях проводка плавилась или испарялась, но в других она оставалась целой.

Описанные свойства шаровой молнии достаточно ярко характеризуют ее как замечательный феномен природы.

ПОПЫТКИ ОБЪЯСНИТЬ ЯВЛЕНИЕ

С тех пор, как шаровая молния обсуждается в научной печати, было предложено около 50 различных гипотез. Многие из них, особенно более ранние, были просто необоснованными предположениями. А каков же общий итог? Наиболее загадочные свойства шаровой молнии, в частности весьма высокая ее удельная энергия, устойчивость и долгая

жизнь, так и не получили удовлетворительного объяснения.

Существуют две точки зрения на источник этой энергии. Согласно первой, которую отстаивали М. Теплер (1900) и П. Л. Капица (1955), этот источник находится вне ее. Другая утверждает, что молния имеет собственный запас энергии и является автономной системой с замедленным темпом развития (угасания).

Теплер считал, что электрическое поле при

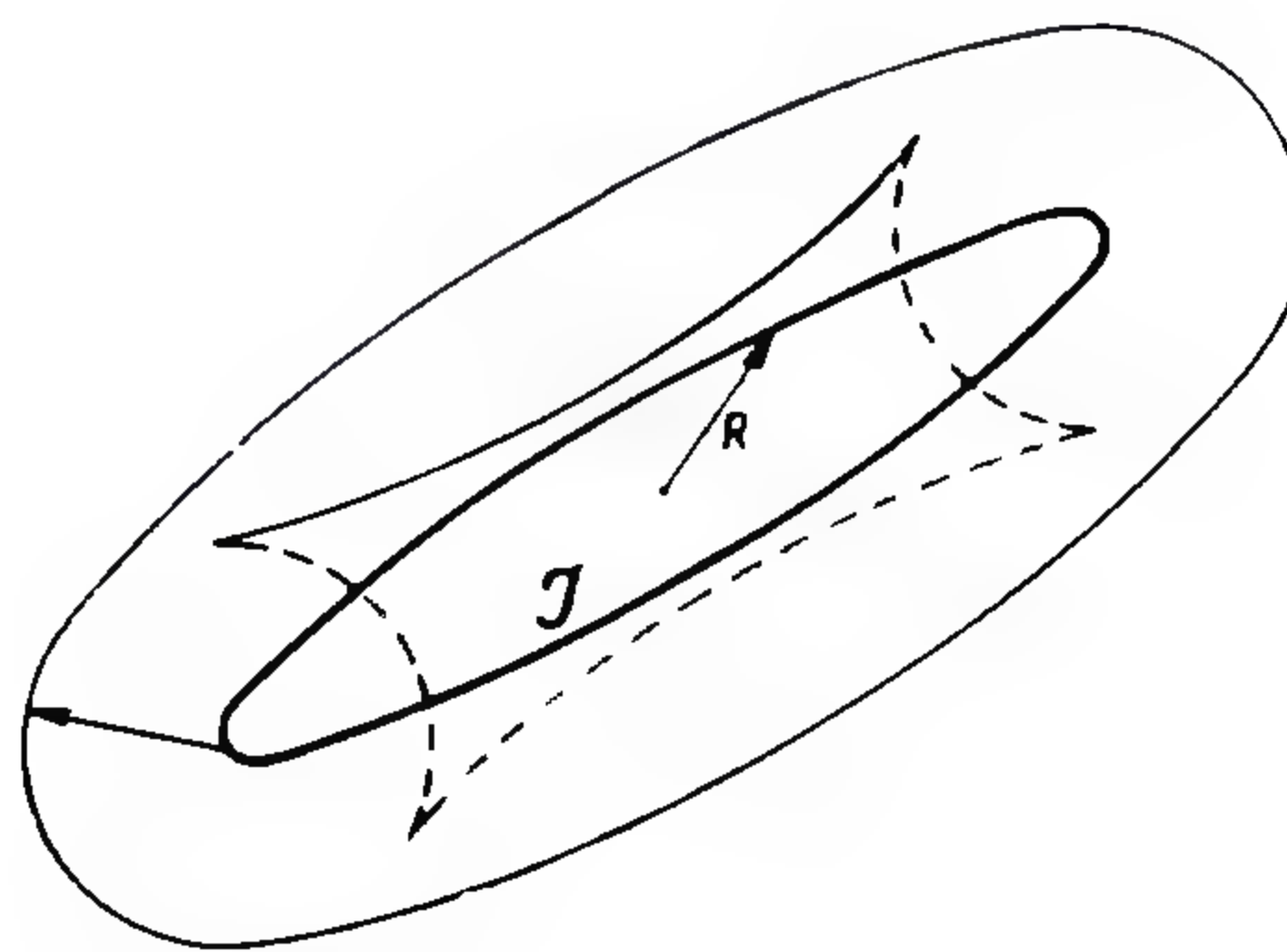
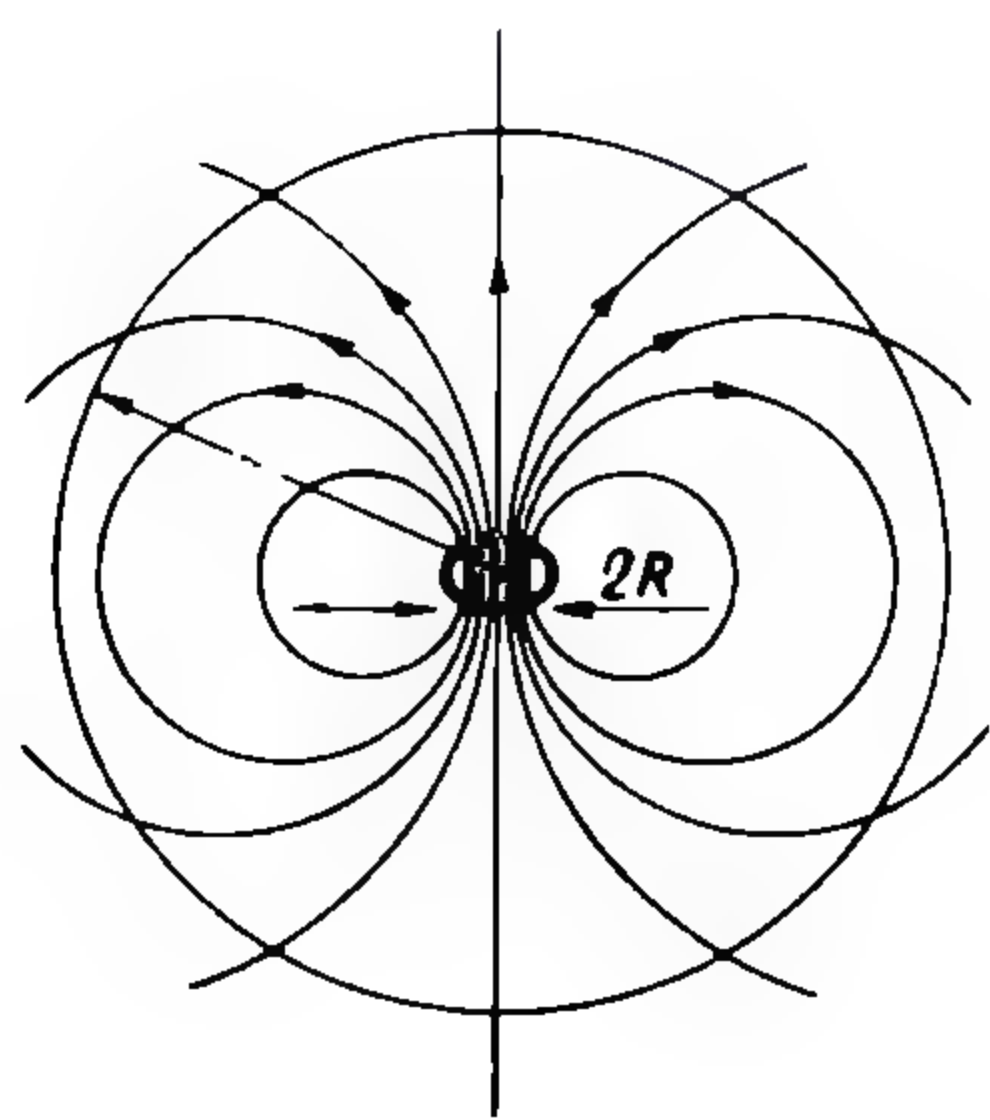
высокой разности потенциалов между грозовой тучей и землей поддерживает тихий разряд, а шаровая молния представляет собой светящуюся часть этого разряда. То же высказывали Г. Плантэ (1889) и Н. А. Гезехус (1900). Д. Финкельштейн и Ж. Рубинштейн (1964), развивая идею Теплера, полагают, что поскольку ионизация и проводимость возрастают с силой поля и плотностью тока, то может происходить местное усиление поля в 3 раза, т. е. самоконцентрация разряда. Это и вызывает светимость.

Акад. П. Л. Капица предположил, что источником энергии служит интенсивное радиоволновое излучение из туч во время сильных гроз. Он рассматривал шаровую молнию как разряд сверхвысокой частоты в одной или нескольких (при четочной молнии) пучностях стоячей волны, образующейся при интерференции падающей и отраженной от земли когерентных волн. Эта гипотеза привлекла внимание Л. Тонкса (1960), П. Сильберга (1961) и многих других. В. Х. Андерсен (1965) считает, что высокочастотная радиация на коротких волнах испускается тучей, благодаря столкновениям заряженных капель. Но встают вопросы. Для поддержания типичной шаровой молнии диаметром 20 см, как электромагнитного резонатора, необходимо было бы мощное излучение на частоте 400 Мгц. Многие указывают, что подобное излучение во время грозы не наблюдалось. Это отмечает и автор. Кроме того, для длительного существования питающего внешнего излучения необходимо, чтобы рассредоточенные части источника излучали когерентно в узком диапазоне частот, соответственно слабому изменению собственной



Равномерное, установившееся падение шаровой молнии диаметром в 8-10 см, которое, совместно с периодическими внутренними возмущениями в ней, обусловило соответствующий фотографический след: «будто с неба свешивается веревка с узлами, расположенными примерно на одинаковом расстоянии, в 5—7 м друг от друга». Миновав верхушку осветительной металлической мачты (следовательно, в данном случае траектория шаровой молнии обусловилась не электрическими силами), шаровая молния взорвалась, когда она столкнулась с фонарем

Фото И. Шагина
«Огонек», 1960, № 20



Предполагаемое строение шаровой и овальной молнии. Возможное соотношение размеров сердечника и плазменной оболочки для парящей шаровой молнии у земли (слева) и для овальной молнии над землей (справа)

частоты (размеров) резонатора. Это невозможно для больших масштабов грозовой тучи.

Теплер и Капица стремились объяснить долгую жизнь шаровой молнии. Но другие ее свойства не нашли объяснения, в частности независимое существование под водой или в воздухе, но далеко от грозовых облаков. Да и сам вопрос об источниках питания энергией извне в этих гипотезах не получает удовлетворительного решения.

подавляющее же большинство других авторов предполагает автономное существование шаровой молнии как носителя энергии. Гипотезы этой группы совершили определенную эволюцию. Более ранние предположения допускали особую химическую природу энергии шаровой молнии. Они основывались на том, что после разряда линейной молнии, которая предшествует шаровой, образуются соединения типа озона O_3 и N_3 (Торнтон, 1911), более высокие полимеры O_{13} и N_{13} (Э. Маттас, 1926), окислы азота большой концентрации, активный азот, гремучий газ (Скотт, Ф. Араго, К. Бенедикс и др.). Однако гипотезы об особой химической природе не объясняют высокой удельной энергии и разрушительной силы шаровой молнии.

Позднее все чаще высказывались предположения об электрической и электрогидродинамической природе шаровой молнии. П. Н. Червинский (1936) считал ее клубком взрывчатой, сильно наэлектризованной смеси ионизированных газов и их окислов — газовой лейденской банкой.

Я. И. Френкель (1949) и Э. Л. Хилл (1960) рассматривали ее как концентрированный аэрозоль с ассоциациями молекул и взвешенными частицами пыли. Идея состояла в том, что в таком «грозовом облачке», сочетающем химический реактор и электростатическую машину, нейтрализация объемных зарядов происходит медленней, чем в газе. Однако это все-таки слишком быстрый процесс, чтобы объяснить продолжительность жизни шаровой молнии.

П. В. Неугебауэр (1937) первый пытался теоретически обосновать существование плазмы в виде устойчивого облака. Полагая температуру низкой ($600^\circ K$), а концентрацию электронов высокой, он развил квантовую теорию, используя соотношение для металлов — ферромагнетиков. Но существование столь холодной, но равновесной плазмы невозможно.

По мнению В. Карлхейма-Гейленскольда (1903), К. Е. Бруса (1964) и др., шаровая

молния рождается из линейной в виде плазменного вихревого кольца.

В последнее время делался ряд попыток применить для ее объяснения исследования устойчивости плазменных образований.

А. А. Власов (1959), А. Я. Воронов (1964) и др. рассмотрели диффузионные цепные процессы в плазмоиде со свободной границей для определения его равновесной формы и критических размеров.

В. Д. Шафранов (1957) исследовал в магнитогидродинамической трактовке систему винтового тока с взаимно ортогональными магнитными полями в плазменном кольце и доказал ее устойчивость. Но он отметил, что вследствие диссипации энергии, согласно расчетам и экспериментам, время существования такой системы очень мало порядка 10 мсек. Другой очень важный и более общий вывод этой работы в том, что энергией магнитного поля нельзя объяснить высокую удельную энергию шаровой молнии. Предельная энергия магнитного поля в заданном объеме оказывается во много раз меньше.

Выводы П. Сильберга (1962), Д. Карпентера (1963) и Ф. Джонсона (1965), пытавшихся связать большую удельную энергию с внутренним магнитным полем, противоречат теоретическому исследованию В. Д. Шафранова.

Джонсон без корректно обоснованных расчетов приходит к совершенно неравновесной конфигурации поля. О работе Карпентера имеется лишь короткое сообщение.

Коснемся теперь отдельных, по нашему мнению, заслуживающих внимания предположений.

Наблюдениями установлено, что иногда одна вспышка молнии разряжает энергию, накопившуюся во многих ячейках грозового образования облаков. Высказывались предположения, что сверхнапряжение, возникающее при последовательном соединении таких ячеек, способствует рождению шаровой молнии (С. Гросу, 1960); что в мощной линейной молнии и, в частности, порождающей шаровую, происходит сильное электрогидродинамическое сжатие разряда (К. Гладков и А. Довиллье, 1958; В. Г. Эванс и М. А. Уман, 1962).

К. Боттлингер (1928) высказал мнение, что в шаровой молнии атомы воздуха локализованы под действием концентрированного электрического поля. М. Тейх (1955) устойчивость шаровой молнии объясняет межатомными силами сцепления.

Матиас (1924) считал, что «грозовая материя» (термин Араго, 1883) в шаровой молнии представляется веществом неизвестной природы.

Некоторые физики, Г. Плантэ, Н. А. Гезехус, М. Теплер и др., проводили опыты для воспроизведения шаровой молнии, какой она им представлялась. Но опыты обнаруживали несоответствия свойств похожих разрядов с шаровой молнией и тем самым несоостоятельность этих гипотез.

В США в лабораториях различных ведомств ведутся экспериментальные попытки воспроизведения шаровой молнии (Карстен, М. Хайлэнд, П. Сильберг)¹.

Интерес к этому явлению — очень высокой концентрации энергии в природе — отнюдь не падает, как видно по числу публикаций. Он вызван стремлением выяснить возможность практического использования этого явления².

В связи с состоянием этой необычной проблемы последуем принципу: «Когда вы отбросите все невозможное, то, что останется, пусть самое невероятное, и будет правдой» (Конан Дойль).

НОВАЯ ГИПОТЕЗА

Изложим нашу гипотезу, учитывая необходимость объяснить все свойства явления, указанные в начале статьи. Основной объем шаровой молнии представляет собой светящуюся горячую плазму — среду более легкую, чем воздух. По ее способности парить почти горизонтально или падать, как тяжелое тело, погружаться в воду, оставаясь там, можно полагать что она также содержит плотный сердечник уже не плазменной природы. Допустим, что вещество сердечника — металлический конденсат атомов азота и кислорода, обладающий свойствами твердого тела и что высокая удельная энергия шаровой молнии связана с внутренней энергией фазового состояния этого конденсата. Сердечник-кольцо удержится в плазме своим магнитным полем, если в нем будет циркулировать сильный ток (вклейка II, *внизу*). Этим объясняется взаимодействие шаровой молнии с проводниками и то, что она сильно намагничивает ферромагнетики. Долгая ее жизнь указывает на то, что вещество кольца находится, вероятно, в состоянии метастабильности и сверхпроводимости. Породит ли

такую шаровую молнию очень мощный разряд линейной молнии?

В обычной линейной молнии существенно выделение джоулева тепла, а роль электродинамических сил мала. Благодаря этому создаются относительно высокие температуры при невысоких давлениях. Скорость движения разряда между землей и тучей тем больше, чем он сильнее, и, согласно наблюдениям в главной стадии разряда варьирует в пределах $2 \cdot 10^4$ — $1,5 \cdot 10^5$ км/сек.

С ростом мощности разряда линейной молнии (при $J > 2 \cdot 10^5$ амп) становятся существенными именно электродинамические силы, а джоулево тепло в очень мощных разрядах относительно мало. Представим себе развитие такой молнии.

Под действием нарастающего сверхнапряжения от грозового облака в сторону земли мощный разряд продвигается в девственном, невозмущенном воздухе. Когда скорость его движения приближается к скорости света (предельной скорости передачи энергии), перед головой разряда в слое очень малой толщины концентрируется очень сильное электрическое поле. Оторванные от небольшой доли всех атомов электроны разгоняются в этом слое до большой скорости без соударений с тяжелыми частицами (т. е. без нагрева вещества). Поэтому образующийся за этим слоем разрядный канал имеет небольшое омическое сопротивление, а холодная плазма обладает большой сжимаемостью.

Разрядный канал сжимается электродинамическими силами (пинч-эффект). В начальной стадии сжатия электрический ток равномерно распределен по его сечению, поэтому силы являются о б ъ е м н ы м и. Благодаря этому возможно быстрое сжатие вещества, по адиабате Пуассона. При развитии пинч-эффекта возникает неустойчивость, приводящая к перетяжкам на некотором участке канала. Сверхнапряжение концентрируется на возрастающем индуктивном сопротивлении перетяжки.

В следующей стадии сжатия быстрый рост тока приводит к скин-эффекту — концентрации тока в наружном слое разрядного канала. Электродинамические силы становятся п о в е р х н о с т н ы м и. Но с ростом в канале плотности вещества, в нем быстро растет скорость звука. Поэтому теперь возможно сжатие канала с д о з в у к о в о й скоростью — т. е. опять по адиабате Пуассона. Это дает сравнительно небольшой на-

¹ «Scientific American», april, 1965.

² См. Ф. А. Леонов. Загадка шаровой молнии. Изд-во «Наука», 1965.

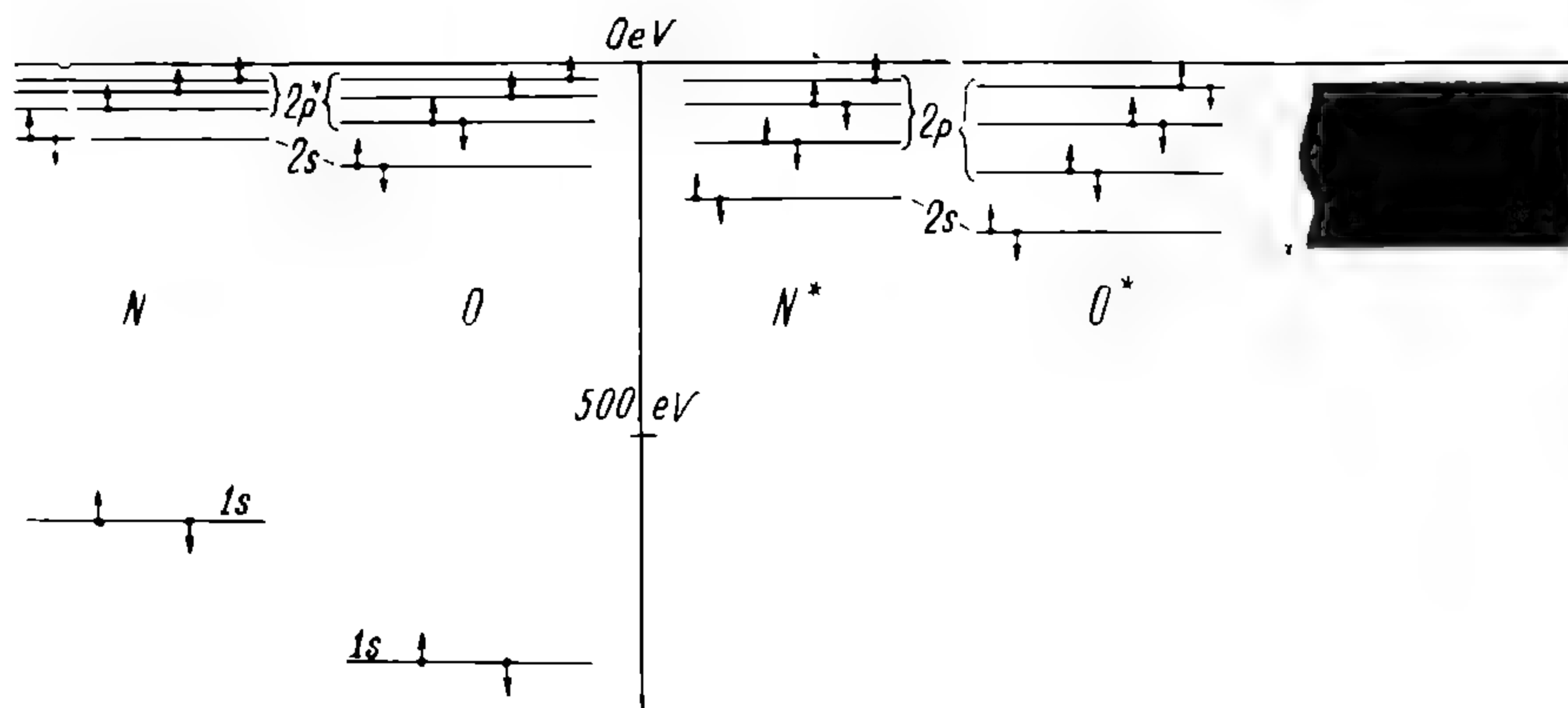


Рис. 4. Заполнение энергетических уровней электронами в нормальных атомах азота и кислорода, в возбужденных атомах и в металлическом конденсате «грозовой материи». Стрелками показана взаимная ориентация спинов электронов, согласно принципу Паули. Зачернена область «грозовой материи»

грев вещества в отличие от ударного нагрева (по адиабате Гюгонио)¹.

Описываемый эффективный процесс сжатия можно назвать электродинамическим коллапсом. Он приводит к сверхвысоким давлениям и высоким плотностям вещества, при относительно низких температурах, очень большим плотностям тока и магнитным полям. Затем, благодаря высокому давлению, в веществе возникает металлическая проводимость. При дальнейшем росте давления и достаточно сильном вырождении электронов, предполагаем наступление в металлическом конденсате сверхпроводящего состояния.

Основная энергия пуассоновского сжатия создается при столь больших плотностях вещества, что эта энергия, превращаясь

¹ См. К. И. Щелкин. Детонация и взрыв. «Природа», 1964, № 7 и 8.

лишь в малой степени в тепловую, расходуется главным образом на сжатие атомов, а затем и электронного вырожденного газа. Кроме того, согласно расчетам, Джоулево тепло может быть относительно небольшим.

Высокотемпературная сверхпроводимость должна способствовать электродинамическому коллапсу. Но, как показывают расчеты, он возможен и без сверхпроводимости. Когда в перетяжке давление достигнет величины, пре-

вышающей 10^9 атм, электроны перейдут с нижних энергетических уровней с главным квантовым числом $n = 1$ на верхние с $n = 2$ (рис. 4). Внутренняя энергия сжимаемого вещества, необходимая для перехода всех электронов на верхние уровни, соизмерима с удельной энергией типичной шаровой молнии порядка 1400 ккал/г.

Когда внутренняя энергия вещества достигнет этой величины, то произойдет фазовый переход: энергия сжатия превратится во внутриатомную со скачкообразным уменьшением объема и некоторым снижением температуры¹.

Через некоторое время после завершения сжатия прямой проводник с сильным током

¹ При этом происходит частичное превращение тепловой энергии во внутриатомную, согласно принципу Ле Шателье.

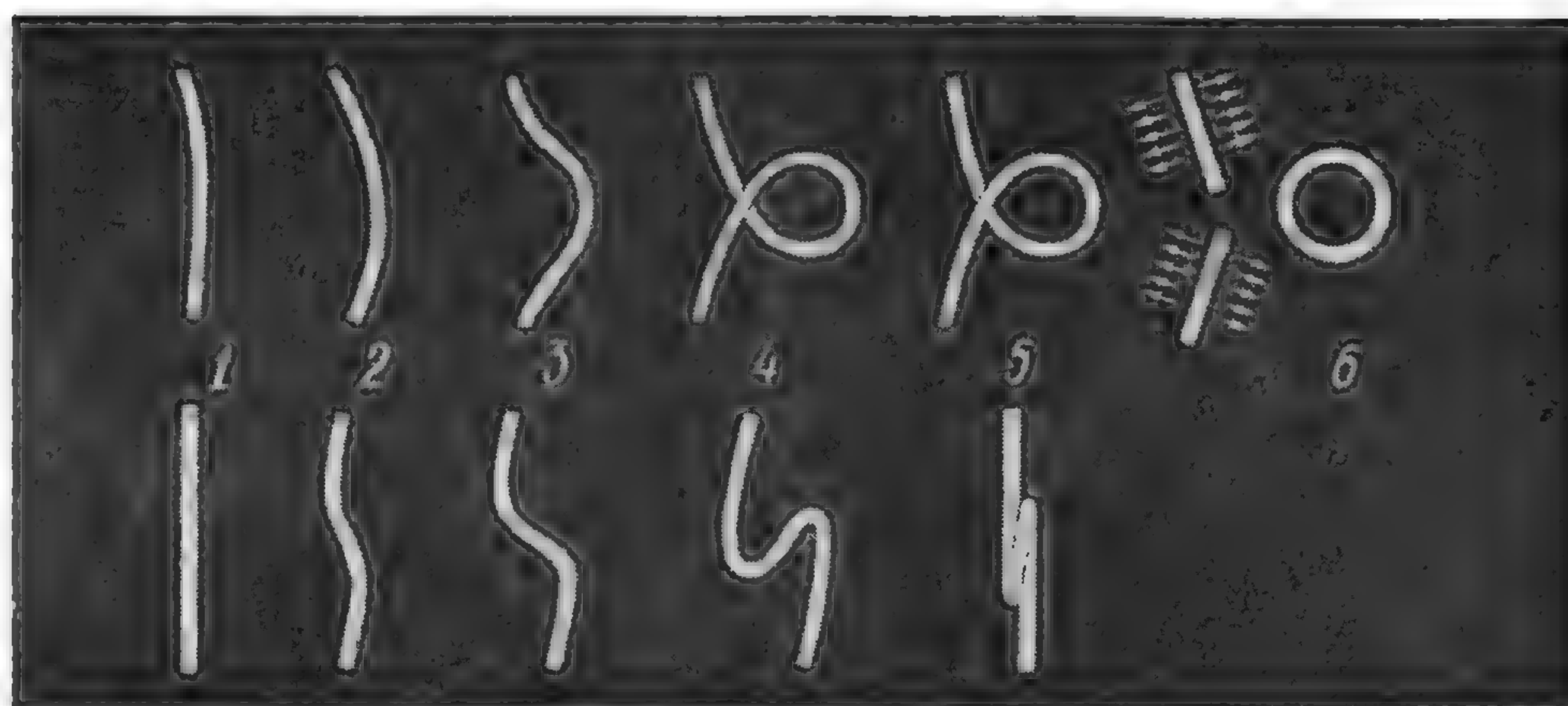


Рис. 5. Образование сердечника шаровой молнии (в двух проекциях)

из-за поперечной неустойчивости свернется в петлю (рис. 5). Она спаяется в кольцо. Ветви, примыкающие к кольцу, взорвутся, когда по ним перестанет течь сверхпроводящий ток. А кольцо окутается плазменной оболочкой (вклейка II, *вверху*). Шаровая молния начнет жизнь. Замыкаться петля должна при значительном снижении тока после максимального (работа против электродинамических сил при расширении и спаде давления второй раз снизит температуру вещества).

Согласно оценкам, для типичной шаровой молнии размером в 20 см необходима амплитуда тока около $5 \cdot 10^7$ амп. Очевидно, что столь мощные разряды могут быть очень редкими. Это объясняет появление лишь 2—3 шаровых молний на 1000 разрядов линейных молний. Искусственное воспроизведение таких шаровых молний в лабораторных условиях, вероятно, станет возможным в недалеком будущем с развитием экспериментальной техники для создания разрядов с очень большими энергиями, сверхнапряжениями и сверхсильными токами.

Назовем метастабильное сверхпроводящее состояние металлического сердечника «грозовой материей» (по Араго и Маттасу). Ее внутренняя энергия $5,8 \cdot 10^8 = 1400$ ккал/г, что почти в 1400 раз больше теплоты взрыва тротила. Это фазовое состояние создается при сверхвысоких давлениях. Но сердечник шаровой молнии уже не находится при таких давлениях. Он испытывает даже растягивающие напряжения от магнитного поля кольцевого тока и должен быть твердым при достаточно низкой температуре. Твердое состояние сердечника может поддерживаться силами сцепления в очень плотном металле, при коллективизации всех электронов. Сохранение их коллективизации и возбужденного состояния атомов после коллапса должно обеспечиваться высоким барьером метастабильности.

Свечение шаровой молнии обязано высокой температуре плазменной оболочки. Температура же сердечника относительно низкая. На его поверхности происходит распад «грозовой материи» с непрерывным оттоком частиц плазмы. Приток тепла замедлен сильным

магнитным полем и малой поверхностью сердечника. Распад этой «грозовой материи» возмещает утечку плазмы из «магнитного сосуда».

Четочная молния также, вероятно, связана с неустойчивостью к перетяжкам при сверхсильных токах. Можно предположить две ее разновидности. Первая — модулирование разрядного канала магнитогидродинамической волной. Другая же — с более сильными токами — множественное рождение шаровых молний.

Отметим также, что исследования по сверхпроводимости в последние годы дали много новых результатов. Обычную низкотемпературную сверхпроводимость в металлах теория, созданная Дж. Бардином, Л. Н. Купером, Дж. Р. Шриффером, Н. Н. Боголюбовым, объясняет притяжением между электронами при электронофонном взаимодействии. В настоящее время обнаружена сверхпроводимость в полупроводниках. Рассматривалась возможность высокотоквой сверхпроводимости (Р. Х. Парментер и Д. Хон). Предложена теория поверхностной сверхпроводимости в диэлектриках (В. Л. Гинзбург) и теория сверхпроводимости при электрон-электронном взаимодействии для органических полимеров специальной структуры (У. Литтл) при температурах порядка $\sim 10^3$ К. Б. Т. Гейликман развил подобную же теорию сверхпроводимости для сплавов двух металлов при сравнимых концентрациях с подобными энергетическими спектрами электронов, при температурах до 10^2 — 10^3 °К. Возможность высокотемпературной сверхпроводимости облегчает наше допущение о существовании относительно холодного сердечника внутри горячей плазмы.

Отсутствие удовлетворительной теории, объясняющей свойства шаровой молнии, неослабевающий интерес к ней побуждают к поиску новых путей разгадки этого явления. Надеемся, что наша гипотеза будет содействовать выбору целесообразного направления. Необходимы систематические наблюдения с использованием всех экспериментальных возможностей и теоретические исследования.

УДК 551.594.22



Дрейфующий лагерь среди торосов

НА ЛЬДИНЕ С ТЮЛЕНЯМИ

ЛЕДОВЫЙ ДРЕЙФ БИОЛОГОВ В БЕЛОМ МОРЕ

Л. А. Попов

Кандидат биологических наук

*Всесоюзный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства
и океанографии (Москва)*

Наши советские ученые — это люди, не боящиеся трудностей, совершающие смелые, подчас героические подвиги во имя науки. Это доказала недавно группа научных работников из Всесоюзного и Полярного научно-исследовательских институтов морского рыбного хозяйства и океанографии. Ученые использовали дрейфующие льды Белого моря для смелого эксперимента: решено было в непосредственной близости изучить запасы и биологию гренландского тюленя. Надо было получить о нем более точные данные, необходимые для ведения промысла на научной основе. До сих пор запасы гренландского тюленя определялись методом аэрофотосъемки. Но с самолета можно подсчитать только тех особей, которые лежат на льду и кормят детенышей. А тех, что в воде, — не подсчитаешь. Не подсчитаешь и бельков — этих белых малышей, прячущихся в торосах и сливающихся со снегом... Непосредственные наблюдения за поведением зверей помогли найти тот поправочный коэффициент, необходимый для более точного определения их численности. Шесть мужественных людей, дрейфуя на льдине вместе с тюленями, проводили их мечение с тем, чтобы впоследствии изучить пути их миграции, определяли сроки линьки, изучали развитие приплода, причины естественной смертности детенышей и другие вопросы биологии тюленей. Большая и полезная работа проведена нашими учеными. Лев Алексеевич Попов, начальник экспедиции, автор помещенной ниже статьи, сообщает нам об очень ценных результатах первых исследований. Умалчивает он только о трудностях необыкновенного дрейфа. О том, например, как спустя неделю после высадки, прочная на вид льдина раскололась от сильного сжатия на несколько частей и в палатку хлынула ледяная вода. Работа еще не закончена. В будущем году группа собирается продолжить свой смелый эксперимент.

Гренландский тюлень — самый многочисленный представитель отряда ластоногих, типичный обитатель морей Северной Атлантики. Значительную часть своего годового цикла жизни он проводит у кромки арктических льдов. На этот период, именуемый интенсивным нагулом, уходит все лето, осень и зима. Разбиваясь на косяки и группы, тюлени в это время года в поисках пищи бродят по морям, занимая большой район от Канадской Арктики на западе до архипелага островов Северной Земли на востоке.

Только весной гренландские тюлени образуют большие скопления, локализуясь для размножения и линьки на дрейфующих льдах в трех районах Северной Атлантики: у Ньюфаундленда и Лабрадора, в районе о-ва Ян-Майен, в Баренцевом и Белом морях. Поэтому принято считать, что гренландские тюлени образуют три стада: ньюфаундлендское, янмайенское и беломорское. Предполагают, что и остальное время года эти стада проводят раздельно.

Наше беломорское стадо тюленей в период интенсивного нагула занимает прикромочную зону льдов Баренцева и Карского морей. В это время группы и косяки тюленей встречаются у западного Шпицбергена, у северной оконечности Новой Земли, среди бесчисленных островов Земли Франца Иосифа, в проливах Северной Земли. С наступлением холодов и продвижением кромки льда на юг тюлени в поисках пищи движутся вдоль западного и восточного берегов Новой Земли, пока не появляются у Канинского берега. Обычной пищей в это время им служит сайка. В январе — начале февраля косяки тюленей спешат по разводьям и полыньям, вдоль припая, в горло и бассейн Белого моря.

Здесь в конце февраля — начале марта самки тюленей образуют на льдах скопления-залежки, наиболее крупные из которых насчитывают несколько десятков тысяч животных. На этих залежках, своеобразных родильных домах, и появляются на свет детеныши. Около трех недель самки тюленей кормят их молоком. Частое и обильное кормление способствует быстрому росту детенышей. На льдах же происходит и линька бельков. По прошествии некоторого времени белый и нежный волосяной покров сменяется более коротким и грубым серым мехом. С окончанием периода лактации детеныши некоторое время продолжают лежать на льдах и почти не питаются, существуя за счет накопленного жира. Дрейфом льдов их постепенно выносит на

север в сторону Баренцева моря и здесь в районах открытой воды они уже переходят к самостоятельному питанию.

С прекращением молочного выкармливания приплода заканчивается так называемый детный период жизни тюленей. У взрослых животных начинается период спаривания. После окончания его взрослые самцы образуют на льдах скопления — «монастыри», которые через некоторое время становятся ядром будущих линных залежек. К этим «монастырям» позднее подходят неполовозрелые особи и взрослые самки, образуя линные залежки, на которых представлены тюлени всех возрастов за исключением приплода текущего года. Примерно в конце мая линный период заканчивается, тюлени покидают льды и переходят к интенсивному питанию в районе кромки льдов.

Беломорское стадо гренландского тюленя всегда было объектом интенсивного зверобойного промысла. Не вдаваясь подробно в его историю, можно лишь отметить, что в отдельные годы добыча превышала 500 тыс. голов! Она велась не только нашими промышленниками, но и многочисленными норвежскими зверобойными судами, которым в конце 20-х годов разрешалось вести промысел тюленей в Белом море. Начиная с 1965 г. Советский Союз запретил временно, сроком на пять лет, судовой промысел гренландского тюленя в Белом и Баренцевом морях. Оставлен лишь небольшой лимит добычи для местного населения, живущего по берегам Белого моря.

Естественно ожидать, что с окончанием запрета численность тюленей увеличится, а следовательно, возрастет и добыча животных, прежде всего — детенышей, меховые шкурки которых представляют большую народнохозяйственную ценность и имеют неограниченный спрос на международном рынке. Предполагаемое увеличение промысловой нагрузки на приплод требует более детального и тщательного изучения детного периода жизни тюленей, основанного главным образом на экспериментальном материале.

Поэтому и было решено провести эти исследования непосредственно на залежке тюленей, используя дрейфующие льды в качестве экспериментальной лаборатории. Возникла мысль об организации в этом районе дрейфующего ледового лагеря, где под наблюдением ученых в течение всего марта могло находиться несколько тысяч животных. Такая экспедиция и состоялась в марте 1966 г.



Поднятие вымпела над дрейфующей станцией



Бельку страшно. Он ведь никогда еще не видел такого странного двуногого существа

Ледовый покров Белого моря — это тонкие однолетние льды, подверженные сильным и частым сжатиям. Это ведет к постоянным подвижкам льдов. Генеральный дрейф направлен на север, а при господстве ветров южных направлений скорость дрейфа значительно увеличивается и льды быстро выносятся из бассейна в горло моря, в район водоразделов и мелей. Здесь они подвергаются еще более интенсивному разламыванию и дроблению. Такая специфика ледового режима существенно осложняет проведение дрейфа, тем более что опыта создания научных лагерей на однолетних льдах еще не было. Таким образом, высадка на такие льды и организация работы на них была связана с известным риском.

Экспедиция была сформирована из ледо-

вой группы, группы берегового обеспечения и экипажа вертолета МИ-4. В состав ледовой группы вошло шесть человек научных сотрудников и лаборантов ВНИРО и ПИНРО, имеющих опыт работы в зверобойных экспедициях на дрейфующих льдах Белого и Баренцева морей, в Гренландском море, у побережья Ньюфаундленда и Лабрадора. Эта группа была снабжена всем необходимым снаряжением и оборудованием для работы на дрейфующем льду в зимних условиях: палатками, теплой одеждой, спальными мешками, лодкой, двумя портативными радиостанциями для связи с берегом и вертолетом и пр. Главное требование, которое предъявлялось к ледовому лагерю, — это мобильность в условиях постоянных подвижек и сжатий льдов.

Задача группы берегового обеспечения заключалась в поддержании постоянной радиосвязи с ледовым лагерем, снабжении его пресной водой и топливом, продуктами, почтой. Группа берегового обеспечения должна была работать в тесном контакте с экипажем вертолета, на который возлагалась высадка лагеря на льды, транспортная связь, корректировка местоположения лагеря в течение дрейфа, снятие его со льдины. Береговая база экспедиции была создана в с. Нижняя Золотица. В последние годы залежки тюленей обычно располагались в нескольких десятках километров западнее или юго-западнее этой точки берега моря. Предполагалось, что Нижняя Золотица будет самым близким пунктом от намеченного места высадки научного лагеря. Однако все сложилось совсем иначе.

Ледовая обстановка в Белом море в конце



«Мама волнуется»...

февраля 1966 г. сильно отличалась от прошлых лет. К моменту подхода тюленей к местам щенки резкое похолодание вызвало быстрое замерзание моря; плотность льда, в основном, достигала 9—10 баллов. Особенно интенсивное льдообразование шло в районе Мурманского берега, льды здесь были более прочные и торосистые. Ледовый покров в обычных районах щенки под воздействием ветров восточных направлений часто взламывался, и образовавшиеся большие полыньи покрывались непрочным молодым льдом. На таком льду самки тюленей обычно не образуют залежек, они предпочитают рожать детенышей на более прочных торосистых льдах. Основные залежки образовались не в прежних, обычных районах щенки тюленей, а ближе к Мурманскому берегу, т. е. примерно в 80—90 км от береговой базы экспедиции. Таким образом, район высадки дрейфующего лагеря значительно удался.

Льдина, на которой должен был жить и работать научный лагерь, была выбрана непосредственно во время высадки. 2 марта ледовая группа высадилась на небольшое ледовое поле, толщина которого достигала 52 см. Над ледяными просторами Белого моря зазвучали позывные первой дрейфующей станции биологов, которой участники экспедиции присвоили наименование «Торос-1».

Первые рекогносцировочные маршруты, проложенные по торосистым льдам, показали, что примерно в радиусе 10 км от лагеря находилось несколько десятков тысяч самок с детенышами. Только на льдине, где расположились палатки, насчитывалось несколько сот животных. Шла массовая щенка самок. Кругом раздавались крики новорожденных, еще не обсохших детенышей — зеленцов, шкурки которых в первые дни после рождения имеют слабый зеленоватый оттенок. Крики детенышей сливались в единый хор, который звучал непрерывно и днем и ночью.

Исследовательские работы начались с первого дня высадки дрейфующего лагеря. Вначале особое внимание уделялось изучению суточного режима залежки с целью разработки поправочного коэффициента на количество самок, находящихся во время аэрофотосъемки в воде. То, что в залежке существует определенный режим, автору удалось установить еще в 1963 г. на льдах в районе Ньюфаундленда и в 1964 г. на Белом море.



Белек прячется за торосом в ожидании матери

Предстояло отработать методику исследований. На залежке тюленей было проложено несколько постоянных маршрутов. Проходя по ним в разные часы светлого времени суток (утром, днем и вечером) мы осторожно из-за укрытия, чтобы не спугнуть животных, подсчитывали самок. Затем тщательно учитывались детеныши. Поскольку самка приносит только одного детеныша, то, подсчитав их, можно определить число самок, находящихся на льду и в воде.

В результате проведенных работ выяснилось, что в утренние часы самок почти не видно. Возвращаются они на лед обычно к середине дня и особенно вечером. Было также замечено, что в туман и метель самки большую часть времени проводят в воде. Они выходят на лед только для кормления детенышей. В ясные и безветренные дни самки, наоборот, предпочитают находиться на льду, где после кормежки детеныша нежатся на солнце. В такие дни, в вечерние часы, на льду присутствовало 70—80% са-



Вот так каждый день — в путь по торосистым льдам

мок, в дневные — 45—55%, во время метели это число понижалось до 10—11%.

Учет бельков в торосистых льдах весьма затруднен. Данные такого учета обычно несколько ниже, чем в действительности (не всех удастся найти), а поэтому и процент самок, лежащих на льду, также несколько занижается, но соответственно повышается процент животных, находящихся в воде. Безусловно, на основании этих данных пока трудно говорить о твердом поправочном коэффициенте на число самок, находящихся в воде при аэрофотосъемках. Однако первые результаты исследований позволяют наде-

яться, что при повторении этих работ такой коэффициент может быть выведен.

Во время обследования большой площади льдов было замечено, что взрослые самцы в ожидании периода спаривания концентрируются обычно около больших разводий группами по несколько десятков и сотен голов. Лежат животные, как правило, около самой воды и при обзоре с воздуха форма такой залежки имеет своеобразный рисунок. Следует отметить, что с приближением периода спаривания самцы все более интенсивно вторгаются в залежки самок. Это затрудняет подсчет самок и поэтому аэрофотосъем-



Бельков взвешивали после каждого кормления



Самка недовольна непрошеными посетителями (вверху); еще шаг и она бросится на защиту детеныша (внизу)

ки лучше проводить в первых числах марта, т. е. в начале периода молочного кормления детенышей.

С первых дней работы научного лагеря льдина, на которой он находился, подвергалась постоянному разрушению. Через три дня после начала дрейфа в 100—200 м от палаток появились большие разводья. В результате сильных сжатий льдов гряды торосов значительно придвинулись к лагерю. Были приняты меры предосторожности — расставлены ограничительные флаги в районе разводий, усилена бдительность дневных и ночных вахт, выбрано запасное место, куда в случае аварии должен был перебазироваться лагерь. Вечером 9 марта лед возле самых палаток бесшумно разошелся в нескольких направлениях. Одна из наиболее опасных трещин прошла в 20 см от угла жилой палатки и отделила от нас мачты радиостанций. Начались авральные работы по перемещению оборудования и снаряжения лагеря на новое место, которое находилось в 200 м от места аварии. Они продолжались весь день 10 марта и только на следующий день научные работы вновь были продолжены. Наблюдения показали, что в первых числах марта самки кормят детенышей 2—3 раза в течение дня, в основном, днем и вечером. Изучение индивидуального режима самок довольно затруднительно. Наблюдения требуют особой осторожности и большого терпения — ведь наблюдателю приходится сидеть по нескольку часов на морозе, притаившись за торосами. Кроме того, детеныши часто перемещаются по льдам и пропадают из поля зрения.

При выходе из воды самка направляется к тому месту, где оставила своего детеныша. К ней с криком устремляются чужие проголодавшиеся дети, но она отталкивает их, и только найдя своего и обнюхав, зовет за собой, стараясь увести в наиболее укромное место. Только удостоверившись, что кругом никого нет, самка переворачивается на бок,

а детеныш начинает жадно сосать, все время меняя соски. Иногда кормлению мешают другие самки, которые вылезают к своим детенышам и проползают мимо кормящей матери. Тогда она рычит и делает угрожающее движение в сторону нарушительницы спокойствия.

Продолжительность кормления у самок неодинакова: иногда она занимает 8—12, а иногда 25—28 минут. При кормлении зеленцы, т. е. детеныши в возрасте 4—6 дней получают в среднем около 700 г молока. Детеныши постарше — бельки высасывают более 1 л, а детеныши в начальной стадии линьки — хохлуши до 800 г. В желудках детенышей, находящихся в стадии интенсивной линьки, молока почти не бывает, так как к этому времени самки бросают их кормить.

Получая значительное количество молока, жирность которого превышает 40%, детеныши быстро прибавляют в весе. В первые дни молочного кормления, нормально развивающиеся детеныши ежедневно прибавляли 1,5—1,8 кг. В последующие дни ежесуточный привес достигал 2,5—3 кг, но с приближением конца лактационного периода он падал до 1,0—0,5 кг. Если в начале исследований детеныши в возрасте 2—3 дней весили 9—11 кг, то через две недели они уже весили 35—40 кг.

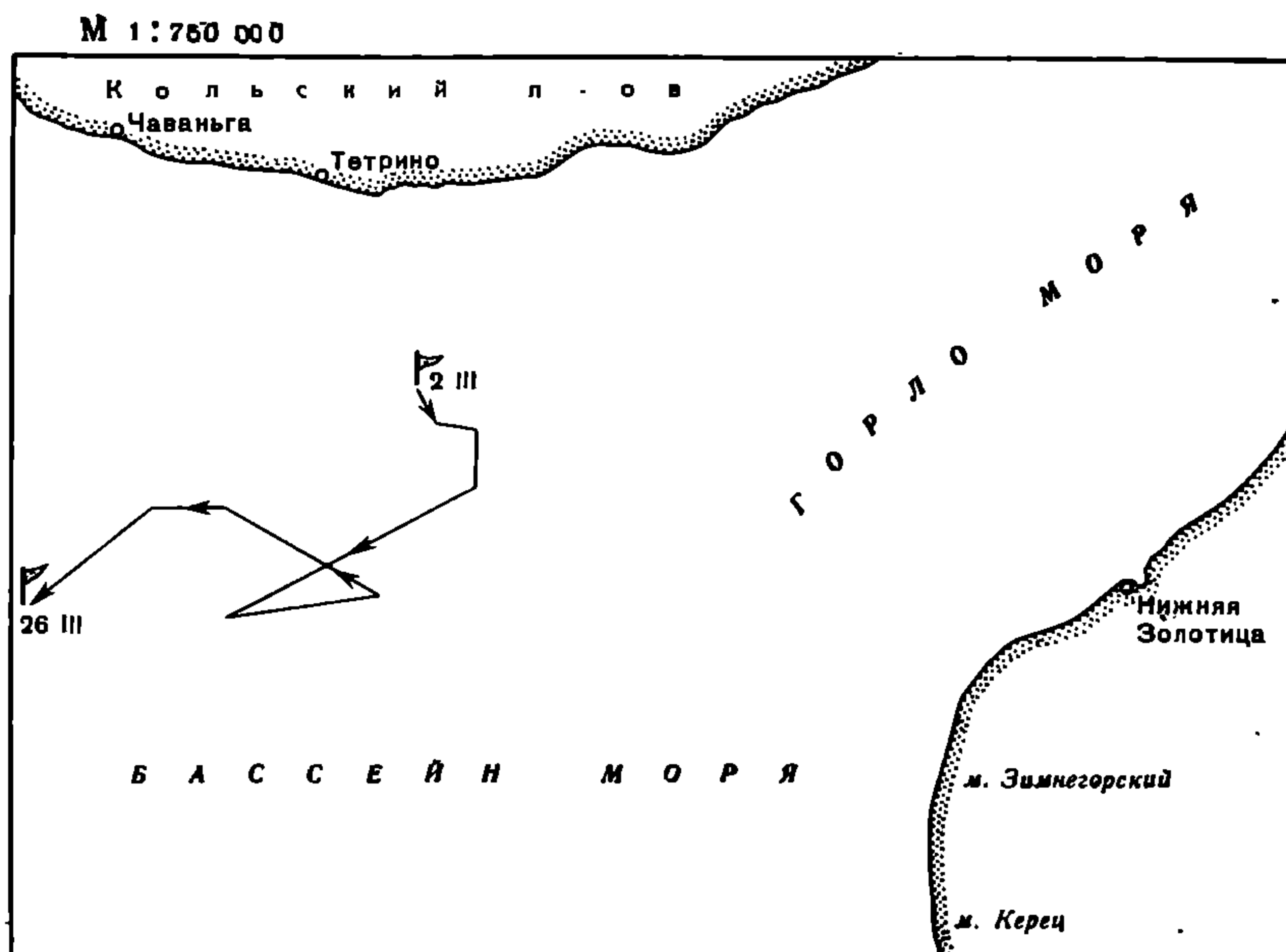


Схема генерального дрейфа ледового лагеря

Одновременно с нормально развивающимися детенышами на льдах нам попадались также животные, находящиеся в угнетенном состоянии. Обычно их сразу можно отличить по их горбатости, вялости движений, непомерно большой голове и незначительному слою подкожного сала. Часть таких детенышей сразу после рождения уменьшает свой вес и через несколько дней погибает от истощения. Другие превращаются в так называемых «заморышей». Это обычно детеныши, брошенные самками после нескольких дней кормления.

Довольно часто на льдах встречаются трупы новорожденных тюленей (не освободившиеся от околоплодной оболочки). Нередки случаи замерзания детенышей. Обычно это только родившиеся особи с последом и пуповиной, примерзшей ко льду. Какая-то часть детенышей гибнет во время сильных торошений и подвижек льдов, хотя в это время самки стараются увести их от опасного места. Встречаются бельки, травмированные самцами, которые в период ухаживания отгоняют от кормящих самок детенышей, нанося им повреждения острыми когтями ластов. Таким образом, причин естественной смертности даже на этом коротком промежутке времени жизни детенышей довольно много.

Под действием северо-восточных ветров дрейф ледового лагеря шел в юго-западном направлении. На тринадцатый день научный лагерь вновь оказался в окружении разводий и трещин. Работы в этом районе пришлось прекратить в связи с ухудшением ледовой обстановки и перебазированием лагеря на новое место, на большое ледовое поле, толщина которого достигала 70—80 см. На этом ледовом поле также было много самок с детенышами. Исследовательские работы вновь возобновились.

Уже к 23 марта на льдах насчитывалось 7% перелинявших детенышей. Толстые от жира детеныши, напоминающие боченки, стали малоподвижными и сонными. Этот момент наиболее удобен для мечения приплода,

так как бойкие и крикливые, подвижные бельки доставляют массу хлопот, когда им пытаются прикрепить на хвост метку из органического стекла.

Мечение тюленей имеет большое значение для определения общей численности популяции, оно позволяет изучить пути миграции беломорского стада, степень его смешения с соседним янмайенским. Проведение массового мечения детенышей было одним из программных пунктов исследований ледового лагеря. Несмотря на загруженность другими работами было помечено 600 тюленей — это рекордная цифра за последние годы.

С приближением окончания лактационного периода в залежки самок все интенсивнее вторгаются взрослые самцы. Уже 10 марта были отмечены случаи гона тюленей. В противоположность ранее имевшемуся мнению удалось установить, что спаривание тюленей происходит не в воде, а на льду. Ему предшествуют жестокие драки между самцами, сопровождающиеся обильным кровопролитием. Первыми вступают в гон нерожавшие молодые самки, которые к началу периода спаривания появляются в районе расположения самцов. Позднее в гон вступают уже рожавшие самки, причем часть из них, очевидно, так и не успевает до конца выкормить детенышей из-за активного ухаживания самцов. Создается впечатление, что самцы мешают нормальному течению лактационного периода, что их значительно больше, чем самок, т. е. подтверждается предположение о наличии диспропорции в стаде.

К моменту окончания исследовательских работ, запланированных программой, ледовый лагерь за 25 суток дрейфа вместе с залежкой тюленей, насчитывающей несколько десятков тысяч животных, прошел путь, равный 200 км. 25 марта началось перебазирование лагеря на берег. К этому времени ледовая обстановка в районе дрейфа значительно ухудшилась. Ледовое поле, где находился лагерь, начало уменьшаться в размерах, появились разводья и тре-



Этот щит остался на льдине после снятия лагеря

щины. Ночью 26 марта ледовое поле раскололось у жилой палатки. Днем весь коллектив лагеря и оставшееся оборудование были переброшены на берег, который находился в 120 км от места дрейфа.

В результате исследовательских работ на льдине были собраны данные, позволяющие по-новому взглянуть на некоторые стороны жизни тюленей в период размножения, более правильно подойти к оценке биологических обоснований аэрофотосъемок, провести массовое мечение тюленей и изучить ряд других вопросов рационального исполь-

зования запасов этого ценного объекта зверобойного промысла. Полученные данные особенно важны для двух стран мира — для СССР и Норвегии, ведущих промысел в северных морях.

Опыт работы первой дрейфующей станции биологов на Белом море может быть перенесен и на другие бассейны страны — на дальневосточные моря и Каспий, где проблемы хозяйственного использования запасов тюленей также требуют экспериментальных научных данных.

УДК 599.745

**Заметки,
Наблюдения**



ТИСС НА ГОРЕ ШОАНА

В Карачаево-Черкесской автономной области, недалеко от села, носящего имя замечательного осетинского поэта Косты Хетагурова, высится гора Шоана (верхнее фото). На ее труднодоступной вершине находится участок редколесья с доледниковыми видами растений. Здесь произрастает и такое редкое у нас хвойное дерево, как тисс (нижнее фото). Его ценная древесина применяется в столярном и токарном деле, в сельскохозяйственном машиностроении, при строительстве подводных сооружений.

С. Я. Б а е в
Ставрополь

НОВЫЕ УДОБРЕНИЯ

МИНЕРАЛИЗОВАННЫЕ ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ ПОВЫШАЮТ УРОЖАЙ

И. Н. Васкаченко

Ленинград

Поиcки новых путей восстановления плодородия почв — одна из важнейших задач сельского хозяйства, над которой трудятся ученые различных специальностей. Известно, что подземные минерализованные воды гумидной зоны, т. е. зоны избыточного увлажнения, до сих пор обычно использовались в бальнеологических целях, а концентрированные рассолы — в различных отраслях соляной и химической промышленности. Но это не единственная возможность применения их в народном хозяйстве.

Известно, что в гумидной зоне почвы сильно оподзолены, обладают повышенной кислотностью и не дают нужных урожаев. В то же время увеличение продукции сельскохозяйственного производства — повышение урожайности культур — главный и основной путь, определенный Директивами XXIII съезда КПСС на ближайшие пять лет. Значительно поднять культуру земледелия и добиться высоких, устойчивых урожаев — важная государственная задача.

Избыток влаги вызывает процесс окисления верхнего слоя почв. В коре выветривания происходит ускорение процесса миграции химических элементов, которые постепенно уносятся просачивающимися пресными атмосферными водами в более глубокие горизонты. А нельзя ли использовать минерализованные подземные воды как удобрения?

С этой целью автор статьи в течение 7 лет проводил опыты в различных районах и изучал влияние минерализованных подземных вод на развитие растений в усло-

виях гумидной зоны Европейской части СССР¹.

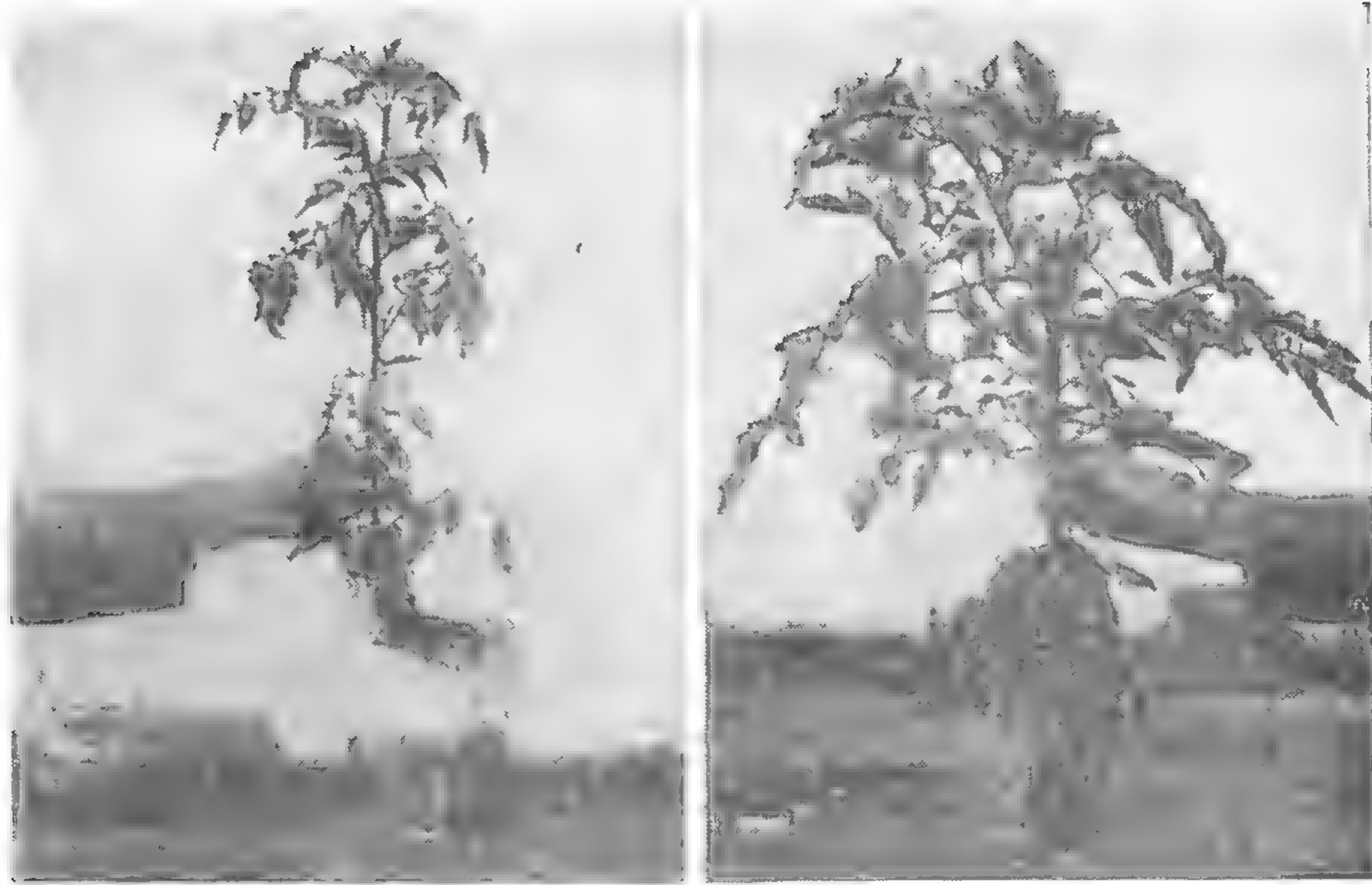
Подземные минерализованные воды — это по существу гидрохимический раствор — сложнейшая природная химическая лаборатория. Они содержат 62 химических макро- и микроэлемента, среди которых есть весьма важные для жизни живого организма. Под воздействием микроэлементов подземных вод изменяются физиологические особенности растений. Например, медь входит в состав окислительных ферментов и усиливает окислительные процессы, протекающие в организме растений. В связи с этим увеличивается интенсивность дыхания, что влияет на процессы углеводного и белкового обмена у растений. Увеличивается содержание хлорофилла, повышается сопротивляемость к различным заболеваниям, особенно к грибковым. Кобальт способствует ускорению цветения растения и созреванию плодов, повышает содержание углеводов, протеина, каротина, растворимых углеводов и других питательных веществ. Цинк входит в состав многих ферментов и таким образом участвует в биохимических процессах, проходящих в организме растений и животных. Цинк необходим для процессов оплодотворения расте-

¹ В апреле 1965 г. в Научно-исследовательском институте земной коры Ленинградского университета им. А. А. Жданова состоялось совещание ученых по проблеме использования подземных минерализованных вод как удобрений и для орошения. Был организован Координационный научный совет по проблеме использования подземных вод. Материалы совещания нашли широкий отклик среди многих организаций.

ний и образования зародыша. Марганец имеет большое значение в процессе усвоения растениями нитратного азота. Он повышает содержание сахаров в растениях и положительно действует на засухоустойчивость и холодостойкость растений.

В проводимых нами опытах использовались хлоридно-натриево-кальциевые, хлоридно-натриевые и железистые минерализованные воды, содержащие большое количество микроорганизмов. Этими водами поливали рожь, пшеницу, ячмень, овес, горох, а также овощи — капусту, картофель, помидоры, огурцы, кабачки, сельдерей и др. На всех культурах, которые выращивались на подземных водах, мы получали повышенные урожаи, от 15 до 50—60% по сравнению с контрольными.

В 1964 г. в отделении «Красный партизан» совхоза «Пригородный» Ленинградской области при выращивании огурцов, кабачков и помидоров были применены подземные минеральные воды полостровского источника Ленинграда. В них насчитывается до 25 химических макро- и микроэлементов. Делянку в 60 м², где была высажена рассада помидоров, поливали полостровской водой два раза в неделю в течение 45 дней. Всего было вылиты 3 м³ минерализованной воды; контрольную делянку с помидорами поливали пресной водопроводной водой в таком же количестве, что и на опытной. Результат оказался очень интересным. На делянке, поливаемой полостровской водой, помидоры стали бурно развиваться и в своем росте догнали те растения, которые были высажены на контрольной делянке на две недели раньше и даже на более удобренной почве. У растений появилась интенсивная темно-зеленая окраска, утолщенные стебли, шло усиленное ветвление, увеличился рост и листовая поверхность расте-



Куст помидоров в период цветения и завязи плодов на опытной (справа) и контрольной (слева) делянках

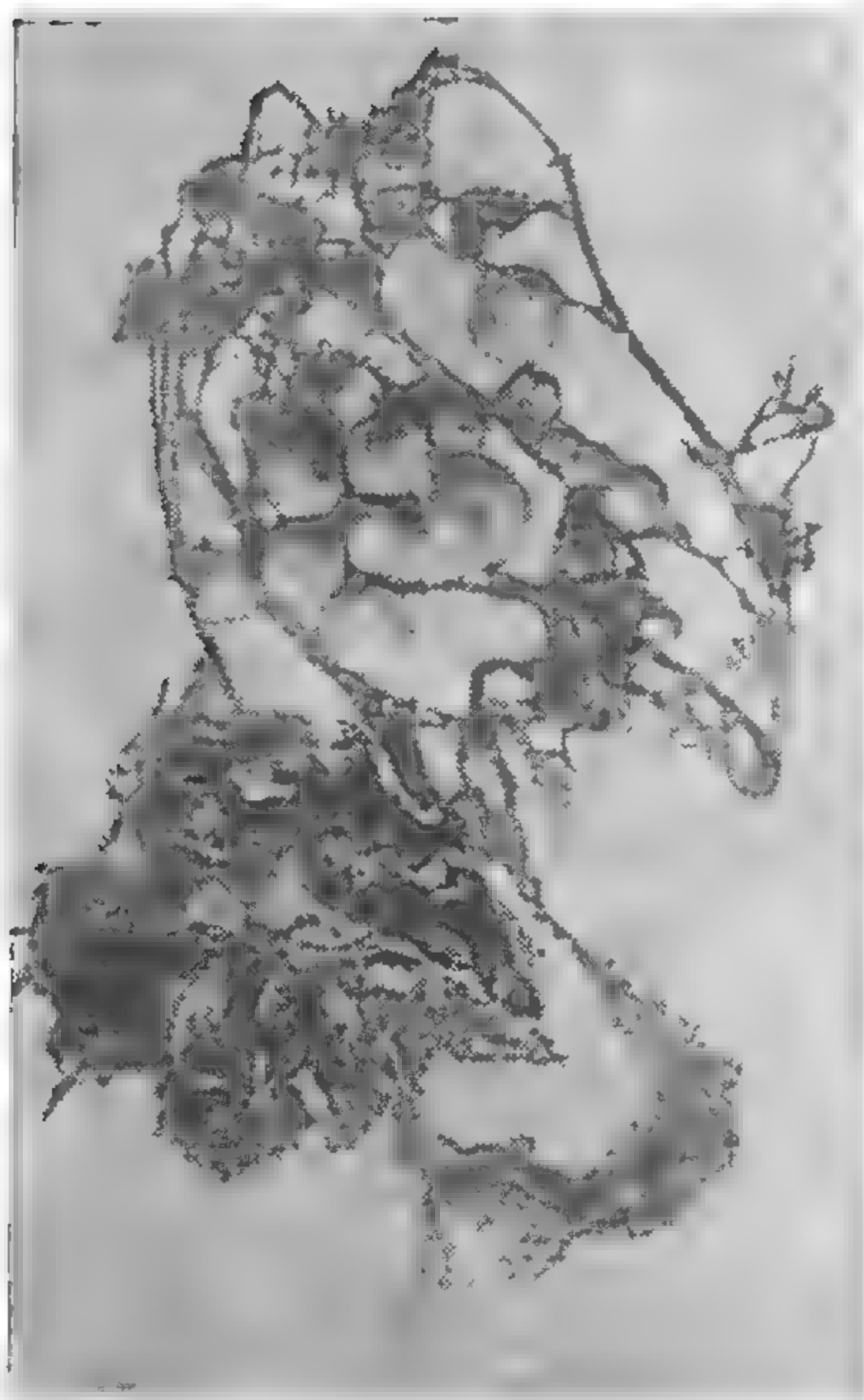
ния. Помидоры и зацвели, и созрели на две недели раньше. Замечено было, что завязь плодов появлялась после каждого цветения без отмирания. С опытной делянки был получен урожай в 200 кг помидоров в то время как с делянки, поливаемой пресной водой, только 98 кг.

В биохимической лаборатории ВИРА по нашей просьбе был произведен химический анализ плодов помидоров с опытной и контрольной делянок. Прежде всего оказалось, что химические элементы полостровской воды ускоряют процесс созревания на 18 дней. Кроме того, в плодах помидоров с опытной делянки оказалось повышенное содержание сахара, сахарозы, белка и кислотности.

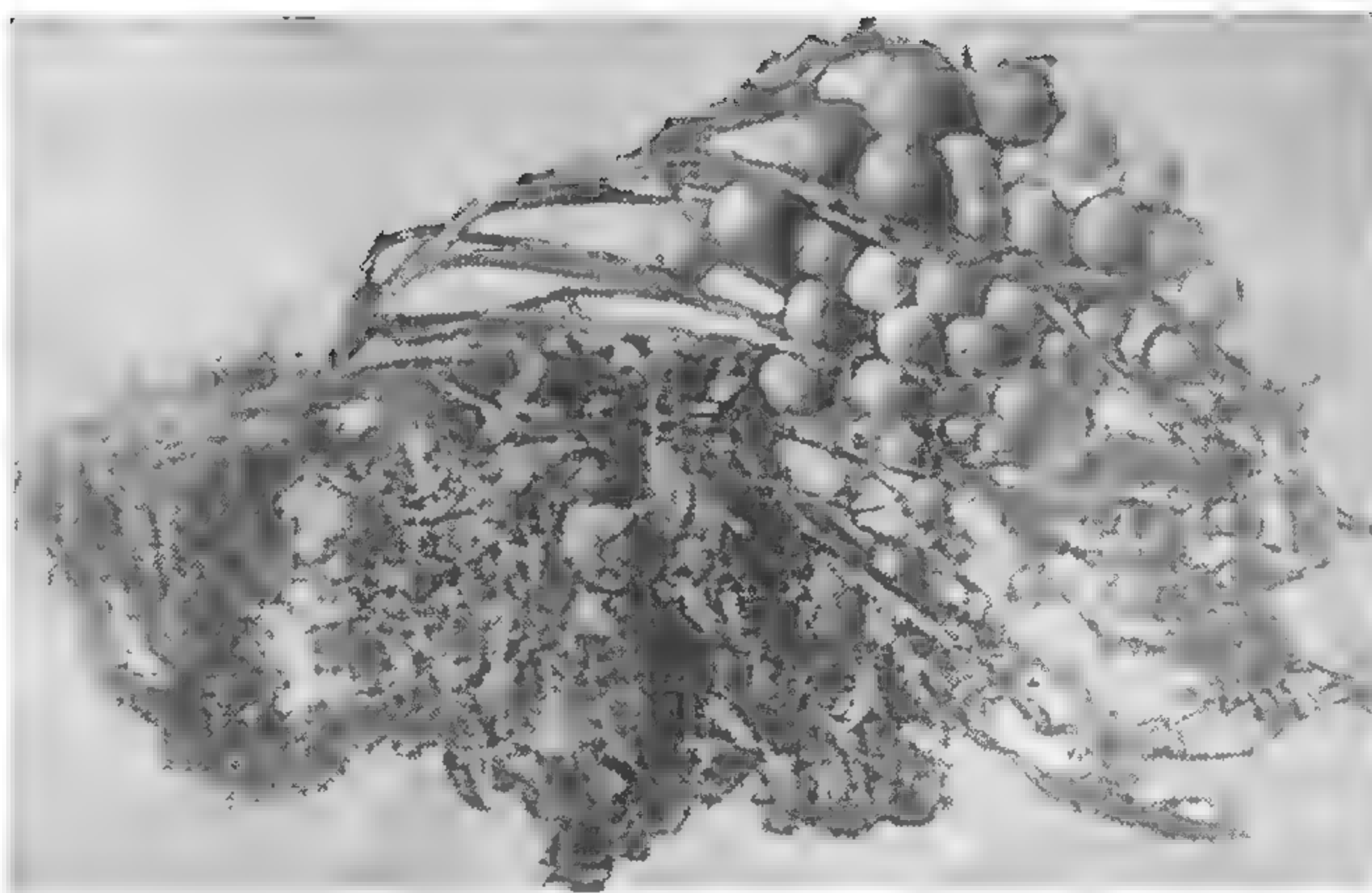
Подобный же опыт был проведен с кабачками и огурцами. В результате с опытной делянки кабачков получили и больше по весу, чем с контрольной, и собрали урожай на две недели раньше. В то время, как с делянки, поливаемой полостровской водой, получили 220 кг кабачков, с контрольной всего 150 кг.

Огурцы на парниковых делянках зацвели на 3 дня раньше, плоды достигли 15 см в длину, сбор урожая производили три раза (на контроле — только один раз) и всего получили 120 кг, при 62 кг с контрольной.

Такие же опыты с луком, ячменем, льном,



Куст помидоров в период созревания плодов на опытной (справа) и контрольной (слева) делянках



свеклой проводились и в других местах и везде давали хорошие результаты.

Теперь с уверенностью можно сказать, что наши семилетние эксперименты в производственных условиях целиком оправдались. Местные подземные минерализованные воды, содержащие целый комплекс химических макро- и микроэлементов, крайне полезны для всех сельскохозяйственных культур. Они повышают не только урожайность, но и увеличивают содержание в плодах белка, сахара, кислот, улучшаются вкусовые качества различных культур. Микроэлементы подземных вод как удобрение применяются впервые и должны, по нашему мнению, занять в сельском хозяйстве должное место. А это основной путь для разрешения проблемы фотосинтеза растений. Особое внимание в этом деле привлекает сокращение сроков в созревании плодов растений и повышение продуктивности.

Использование подземных минерализованных вод имеет и другие преимущества. Подземные минерализованные воды различного химического состава и определенной концентрации могут встречаться на разных глубинах территории избыточного увлажнения Европейской части СССР, часто вблизи многих колхозов и совхозов, поэтому они не требуют больших затрат на перевозку. Микроэлементы в них находятся в растворенном ионном состоянии и при внесении их в почву быстрее усваиваются растениями. В отличие от сухих минеральных удобрений минерализованные воды содержат неизме-

римо большее количество химических элементов, необходимых для жизнедеятельности растений и животных. Кроме того, эти воды имеют слабощелочную, нейтральную и щелочную реакцию, что важно для нейтрализации кислых почв и развития в почве микроорганизмов, активизирующих процесс минерализации органических остатков. Подземные минерализованные воды (вплоть до рассолов) могут быть применены в качестве удобрений не только в овощеводстве, но и луговодстве, садоводстве, для улучшения пастбищ и т. д. Их можно применять для растворения ледяной корки, образующейся весной и осенью на озимых посевах. От этого получается двойная польза: с одной стороны, сохраняются от выпревания озимые культуры, а с другой — макро- и микроэлементы подземных вод становятся подкормкой тех же культур.

Подсчитано, что если использовать только источники и буровые скважины гумидной зоны, то при помощи передвижных дождевальных установок за один летний сезон можно удобрить свыше 10 млн. га посевной площади, сенокосных лугов и пастбищ.

Таким образом, минерализованные подземные воды территории избыточного увлажнения Европейской части СССР следует рассматривать как местные кладовые, из которых в любой момент для нужд сельского хозяйства можно брать в необходимом количестве богатую питательными элементами воду.

УДК 631.8

ГИББЕРЕЛЛИН И УРОЖАЙНОСТЬ ЯГОД

Л. А. Михталева

Главный ботанический сад АН СССР (Москва)

Крупноплодная садовая земляника (*Fragaria ananassa* Duch.) по своим вкусовым качествам, ранним срокам созревания и большим площадям возделывания считается ведущей культурой среди ягодников, распространенных в СССР. Поэтому возможность повышения ее урожайности представляет большой практический интерес.

В последние годы для управления ростом и развитием плодово-ягодных растений все шире применяются физиологически активные вещества. В Главном ботаническом саду Академии наук СССР на протяжении пяти лет проводится работа по изучению действия гибберелловой кислоты (ГК) на повышение урожайности земляники обычных и ремонтантных сортов.

ГК — вещество высокой физиологической активности, было открыто в Японии в 1926 г. В 1938 г. его удалось выделить в чистом виде, а в 1959 г. его начали производить на Рижском и Курганском заводах медпрепаратов, что открыло широкие возможности для испытания ГК у нас в стране.

Проведенные нами опыты показали, что помимо главной ростовой реакции ГК снимает период покоя у семян, изменяет сроки цветения и плодоношения, увеличивает размеры цветка и плода, усиливает или уменьшает ветвистость растения и т. д. Та или иная реакция на ГК зависит прежде всего от фазы развития растений в период обработки.

Обработка ГК в период заложения и дифференциации цветочных зачатков тормозит их дальнейшее развитие и стимулирует развитие уже сформированных цветочных почек (В. Ф. Верзилов и А. С. Каспарян 1960). Для успешного применения ГК на землянике необходимо учитывать состояние цветочных почек, дифференциация которых к периоду обработки должна быть закончена. В этом случае ГК ускоряет выдвижение цветоносов, число их увеличивается, сокращается срок плодоношения, а урожай опытных сортов повышается за счет большого числа ягод, а иногда и их размера.

Опыты проводились на сорте Красавица Загорья, второго и третьего года выращивания. Растения обрабатывались методом опрыскивания из ручного пульверизатора. Концентрация раствора ГК — 0,005%. Обработка проводилась два-три раза с интервалом в 5—7 дней. При опрыскивании растений в период, когда цветочные почки уже сформированы, урожай Красавицы Загорья повышался на 120% по сравнению с контролем. На следующий год урожай этих же растений при повторной обработке повышался на 50%.

Результат обработки растений ГК обычно становится заметным уже спустя неделю после первой обработки. Растения образуют более мощную вегетативную массу, удлиняются цветоносы, возвышающиеся над кустом, причем число их увеличивается (16 против 7), соответственно увеличивается число цветков, плодов и их размер: средний вес ягоды в контроле — 5,5 г, ГК — 7,95 г (рис. 1).

Необходимо отметить, что только хорошо развитые растения, получающие весь комплекс агротехнической обработки, достаточно обеспеченные влагой в период интенсивного роста ягод, отзывчивы на обработку ГК и другими регуляторами роста растений, так как предъявляют повышенные требования к условиям произрастания.



Рис. 1. Влияние гиббереллина на культуру садовой земляники. Слева — контроль; справа — цветонос, с обработанного гиббереллином растения

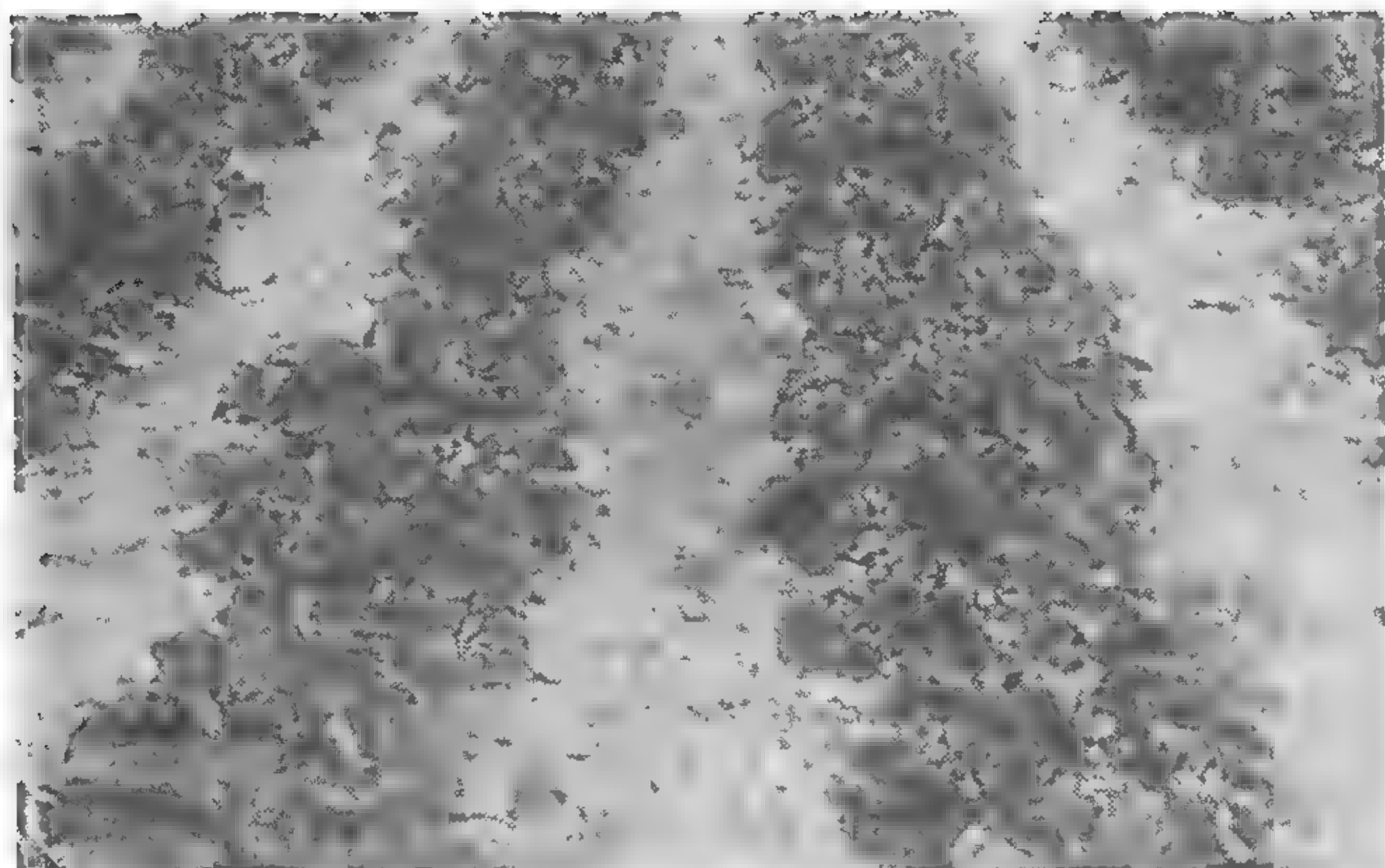


Рис. 2. У сорта Красавица Загорья увеличивалось число ягод и их размер. Слева — контроль; справа — ягоды обработанного растения

В 1965 г. опыты с гиббереллином ставились в учебном хозяйстве «Отрадное» на двух сортах — Комсомолка и Красавица Загорья. Несмотря на то, что почти непрерывно шел дождь и растения в связи с этим были поражены серой гнилью, урожай обработанных кустов повышался. У Красавицы Загорья он был выше контроля на 35,8%, у Комсомолки на 16%, причем в то время как у Красавицы Загорья увеличивался размер ягод, у Комсомолки повышалось только их число. По-видимому, реакция на ГК зависит от сорта обрабатываемых растений (рис. 2). ГК влияет не только на увеличение числа плодов и их размера, но и на улучшение их вкусовых качеств. Содержание суммы сахаров и витамина С в плодах обработанных растений, по сравнению с контролем, значительно выше.

Биохимический анализ плодов земляники

Название сорта	Суммы сахаров	Витамин С мг %	Кислот %	Влага
Комсомолка				
Контроль	5,72	32,5	1,07	89,32
ГК	7,39	44,8	0,98	89,15
Красавица Загорья				
Контроль	7,74	—	0,49	95
ГК	8,1	—	0,47	95

Учет последствий ГК на урожай земляники в следующем году показал, что урожай не только не уменьшается, но в некоторые годы значительно увеличивается.

Так, урожай сорта Комсомолка на следующий год после обработки ГК был выше контроля на 30%, а Красавицы Загорья — на 28,5%. Таким образом, мы имеем возможность получать более высокие урожаи плодов земляники, не применяя повторную обработку ГК, что значительно повышает экономическую сторону ее применения в производстве.

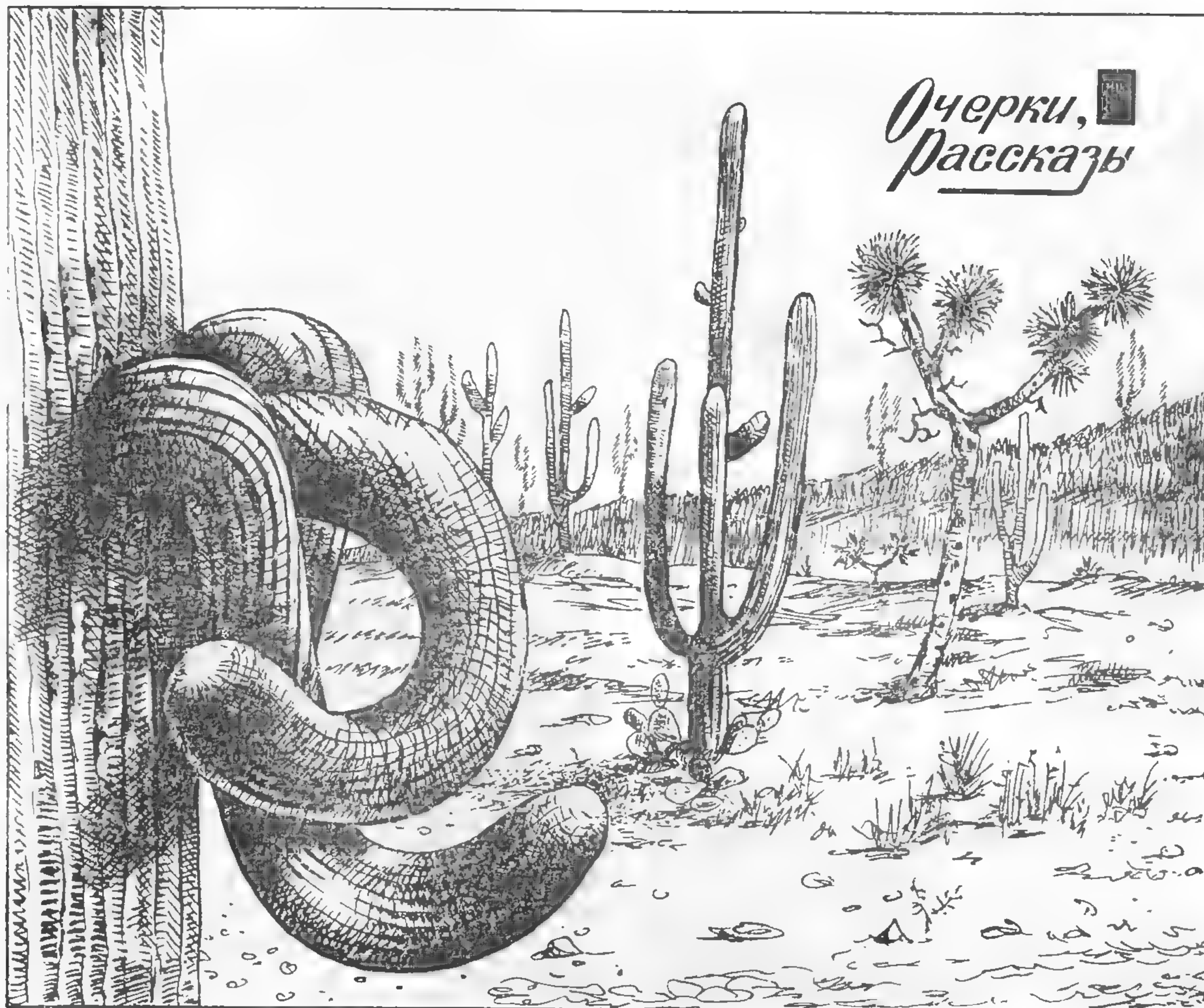
Наряду с обычными сортами земляники изучалось действие ГК на урожай ремонтантной земляники. Работа проводилась на экспериментальном участке сада на пяти сортах второго и третьего года выращивания.

Основное отличие ремонтантных сортов от обычных состоит в том, что ремонтантная земляника обладает способностью закладывать цветочные почки почти весь период вегетации — с июня до наступления заморозков и поэтому дает два урожая в год. Первый урожай малопродуктивный и совпадает с периодом плодоношения обычных сортов земляники. Второй урожай бывает значительно больше первого, и ягоды, полученные в августе-сентябре, представляют большую ценность. Исходя из этого, в хозяйственных целях целесообразно повысить второй урожай ремонтантной земляники за счет снижения первого, малорентабельного.

По нашим предварительным данным, обработка растений ГК в период закладки и частичной дифференциации цветочных почек действительно приводила к резкому снижению урожая всех без исключения сортов. Снижение урожая было настолько сильным, что практически урожай полностью отсутствовал. Торможение и даже полное подавление формирования цветочных зачатков сопровождалось обильным образованием усов.

Следовательно, действие ГК на закладку почек нового урожая позволяет управлять сроками плодоношения ремонтантных сортов земляники и получать один более обильный и ценный урожай ягод в осенний период.

Результаты наших пятилетних опытов дают полное основание считать, что применение ГК на культуре земляники в производственных условиях безусловно поможет получать более высокие урожаи.



Очерки,
Рассказы

Полупустыня — страна поразительного своеобразия

ТАЙНЫ НОЧИ

Член-корреспондент АМН СССР Ф. Ф. Талызин

По заданию Министерства здравоохранения СССР и Всемирной организации здравоохранения проф. Ф. Ф. Талызин совершил поездку в Мексику для оказания помощи мексиканским врачам в борьбе с малярией. Советский ученый побывал во многих отдаленных районах страны и близко познакомился с особенностями ее природы, и прежде всего — животного мира. О своем пребывании в этой стране Ф. Ф. Талызин написал книгу «Под солнцем Мексики», которая выйдет в 1967 г. в издательстве «Мысль». Мы публикуем одну из глав книги с рисунками автора.

— Ну, вот и знаменитая полупустыня! — произнес доктор Франко, сопровождавший меня из Мехико в Веракрус. — Днем тут все живое прячется под кусты и в норы, зато ночью...

Последние слова доктора заглушает резкий треск, словно от выстрела. Взметая облака пыли, машина скользит боком к канаве, задевает за камень и застывает на месте.

— Все целы? — спрашивает Франко. Открываем дверь и выбираемся на шоссе. Лопнула камера переднего колеса, помято крыло и что-то стряслось с мотором.

— Дело дрянь! — покачивает головой шофер. — Придется ночевать.

— Что делать! Разводите костер, — уныло говорит Франко.

Единственный, кто рад остановке, это я. Неожиданная возможность познакомиться



Из-под корней кактуса появляется гремучая змея

подробнее с жизнью полупустыни вызывает у меня чувство скрытого ликования. Еще бы — полупустыня Мексики, страна яркого солнца, поразительного своеобразия...

Пока готовят ужин, собираю «валежник» — сухую траву, усыпанную колючками. Здесь совсем недавно прошли майские дожди, вызвавшие к жизни нежные растения. Сейчас, в июне, они доживают свою недолгую жизнь. А рядом вечнозеленый, запыленный «сад дьявола»: кактусы, костлявые юкки, какие-то сучковатые деревья. Тут все оцетинилось колючками и шипами. Стоит только дотронуться, и десятки острых шипов вонзятся, поцарапают кожу, поразят ядом. Но это оружие не для нападения, а для защиты.

Широких листьев у здешних растений не бывает. Одеться ими — значит попусту расточать драгоценную влагу. Она хранится в стеблях под семью замками. Испарение предотвращают толстый эпидермис и лохматый ворс. Вот небольшое растение «паловерде». На нем есть крошечные листочки, но они остаются только на период цветения. Десять месяцев в году это растение выглядит мертвым, листьев нет, видны только заменяющие их зеленые шипы, которые словно скупые рыцари сторожат воду.

Покончив с едой, устраиваемся на ночлег. С тайной мыслью побродить в одиночку на рассвете выбираю для себя место под машиной. Чем только не страшат меня: буду укушен гремучей змеей, лицо расцарапает дикая кошка, заедят термиты, опрыскает

зловонной струей вонючка... Все же я отказываюсь от постели в кузове машины, накрываюсь брезентом и делаю вид, что сплю. Вскоре из машины раздается храп уснувших.

Небо усыпано звездами, дует чуть прохладный ветерок. Неожиданно его сменяют струи горячего воздуха. Прислушиваюсь к звукам ночи, но кругом так тихо, что звенит в ушах. Одолевает дремота. И вдруг совсем рядом громкое «Мяу, фыш-ш!», от которого по спине бегут мурашки.

Это мяучит и фыркает пустынный кот. Ночной охотник, выслеживающий добычу, хорошо видит и слышит. Возбравшись на кактус сагуаро, он ищет в нем гнезда с яйцами дятла. Кота не смущают нестерпимо острые колючки. У него на лапах прочные, не боящиеся прокола, подушечки. При подъеме по стволу кактуса кот широко расставляет лапы, так, чтобы опираться острыми когтями на основания колючек, не касаясь самих шипов.

Кот способен нарушить ночную тишину таким душераздирающим мяуканьем, какого не услышать ни на одной крыше в городе. Это животное — опасный хищник, особенно ночью. Если кота подранить, он в иступлении визжит, шипит, отчаянно царапается, кусается. Охотники сравнивают дикого кота с бешеной собакой — никогда не знаешь, что у нее на уме. Особенно он свиреп, если голоден.

Мяуканье и шипение постепенно удаляются. Их сменяют новые звуки, напоминающие плач и протяжный лай. Это луговые волки — койоты. Пищат мыши, стрекочут насекомые. Мгла сереет, но до рассвета еще далеко. Близко ухает сыч, стремительно пролетают какие-то птицы.

Слышится близкий шорох: прямо на машину скачет кенгуровая крыса, но почувствовав незнакомый запах, прыгает в сторону и исчезает. Пигмей-кенгуру напоминает нашего тушканчика. Это довольно красивый грызун, достигающий в длину 30 см (от носа до кончика хвоста). На хвосте щетка, помогающая животному сохранять равновесие. Хвостом крыса пользуется, как рулем, при прыжках. Она в состоянии совершать прыжки до 2,5 м. Если сопоставить силу прыжка с размером и весом тела кенгуровой крысы и гигантского австралийского кенгуру, то в этом соревновании победит кенгуровая крыса.

Верблюд может обходиться без воды ме-

сяц, за счет запасов желудка, содержащих в себе несколько литров воды. Но как может жить, не пополняя запасов воды годами, кенгуровая крыса? Установлено, что природа наградила ее особым химическим чудом. Стенки кишечника способны извлекать влагу из сухих зерен, ветвей и даже колючек.

Осторожно, чтобы не разбудить соседей, выбираюсь из-под брезента. Вынимаю бинокль и удаляюсь от машины. Светает... Осматриваюсь... Кто там притаился?.. Да это же кролик! Светло-желтый, он почти незаметен на песке. Грызун ест траву торопливо, наклонив голову, вращая ушами, — ведь каждую минуту могут подкрасться лисица, койот или коршун.

Когда появится над горизонтом солнце, все ночные обитатели полупустыни спрячутся под камни, кусты, в норы и в песок. Им на смену выйдут дневные обитатели, которым также надо спешить: через час охотиться будет поздно.

Из-под корней кактуса появляется морда молодой гремучей змеи. Она раскрывает пасть, словно зевает после хорошего сна. Но тотчас настораживается, увидев длинноногую кукушку «роад раннера». Еще миг — и змея исчезает под корнями: слишком уж велика опасность.

Кукушка не пьет воды, для нее достаточно соков тех животных, которыми она питается. Бегаёт кукушка чрезвычайно быстро, совершает длинные прыжки, может и летать, но только на небольшие расстояния. Напав на гремучую змею, эта оригинальная птица делает подскоки, стараясь схватить опасного врага позади головы и перекусить спинной мозг. Змея пытается измотать птицу, бросаясь от нее то в одну, то в другую сторону. Но победа почти всегда остается за кукушкой. Если же змея сумеет укубить храбрую птицу, то яд убивает ее через несколько минут.

При помощи бинокля рассматриваю крошечную длиннокрылую птичку с ярко раскрашенными перышками. Это красноголовый колибри, вьющийся гнезда под колючками кактусов и юкки. Его пение напоминает мелодичные звуки флейты. А вот и малиновый мухолов-пироцефалус с огненно-красной головкой. Эту певчую птицу мексиканцы называют «драгоценным камнем» за ее исключительно красивое оперение.

А кто это столь стремительно атакует цветок, прячет в нем голову и с поразительной поспешностью улетает прочь? Какой грубый

налет! Венчик поникшего цветка надорван и исцарапан. Таинственный посетитель не похож на всегда деликатного и осторожного колибри. Эта крошечная птичка застывает в воздухе на одном месте, как бы примеряясь, прежде чем ввести в цветок длинный клюв.

А вот и другой бесцеремонный летун делает круг и бросается в атаку на скромный серенький цветок. Проникнув в глубину чашечки, он вместе с ней склоняется до самой земли. Подбегаю и быстро накрываю цветок ладонью. Осторожно раздвигаю пальцы, но летун уже в воздухе. Нет сомнений, это летучая мышь. В длину она достигает 6 см, голова около 2 см; на сильно вытянутой, в виде цилиндра, мордочке торчит загнутый назад шип; крылья, как и у любой летучей мыши.

Сзади раздаётся хруст сухой травы.

— Нет, доктор, не удастся вам поймать эту тварь, — улыбается Франко. Не найдя меня под машиной, он направился на розыски. — У летучей мыши тонкие эхолокаторы: в ушах торчат антенны, а на носу рог. Можете быть уверены, остальных мышей вы уже распугали и здесь они больше не появятся. Пошли завтракать.

— Доктор! — умоляюще складываю я ладони рук вместе. — Сообщите, пожалуйста, все, что знаете об этих таинственных существах. Впервые в жизни вижу, чтобы млекопитающее летало с цветка на цветок и пило нектар, как бабочка. Ведь стану рассказывать дома — не поверят!

Франко неторопливо раскуривает сигарету как бы собираясь с мыслями.

— Летучими мышами я интересуюсь с юных лет и перечитал о мексиканских летунах уйму литературы. Те, которых мы



Мексиканская кукушка — заклятый враг гремучей змеи



Летучая мышь (*Choeronycteris mexicana*) в цветке. Схематический разрез

видели сейчас, — особые. Они относятся к семейству длинноязычных летучих мышей, макроглоссиде. Их ближайшие родственники вампиры, глоссофагине, питаются исключительно кровью. Мышь, посещающая цветы, называется по латыни керониктерус мексикана. Встречается она, кроме Мексики, в Парагвае и Боливии. Это самый мелкий представитель семейства, в котором есть и гиганты, достигающие в размахе крыльев 90 см. А этот небольшой собрат великанов молниеносно налетает на чашелистник цветка, высовывает длинный и толстый, в виде стержня, язык и быстро поглощает нектар. На конце языка находятся шипики, с их помощью мышь слизывает также и пыльцу.

После этого визит окончен и сладкоежка с поспешностью исчезает. Спешка при налете на цветок связана, по-видимому, с опасностью для мыши стать жертвой ночных хищных птиц.

Шипики на языке, такие же как у мыши, есть и у колибри, птиц-нектарниц, на хоботке некоторых насекомых. Щетинистая бахрома, напоминающая кисточку для акварели, позволяет собирать нектар и пыльцу. У керониктерус зубы едва выступают над поверхностью десен. Подобная атрофия — следствие ненужности органа.

В Мексике летучая мышь на протяжении тысячелетий приспособилась пить нектар цветов, венчики которых днем плотно сомкнуты и раскрываются лишь ночью. Не нужна «полуночнику» яркая окраска цветов, так как они распространяют резкий (и до-

вольно неприятный) запах, помогающий мышам ориентироваться в темноте. Устройство чашелистика поразительно приспособлено для того, чтобы мышь могла с комфортом держаться в цветке, быстро просунуть в него язык и вычерпать нектар. В свою очередь тычинки, как по команде, склоняются к шерsti на голове мыши и обильно посыпают ее пыльцой. Попав на другой цветок, «визитер» механически переносит на рыльце пестика пыльцу и тем самым осуществляет опыление цветов.

...Завтрак возле машины не отнимает у нас много времени, зато окончание ремонта после вчерашней аварии позволяет мне продолжить интересный разговор о мышах.

— Не приходилось ли вам, доктор, слышать о случаях нападения мексиканских вампиров на человека? — не унимаюсь я.

— К нам они залетают частенько, главным образом с острова Тринидада. В Мексике вампиры селятся в дуплах деревьев, на чердаках. Вылетают ночью, чтобы напасть на животных, иногда на спящих людей. Известен случай, когда один и тот же человек на протяжении ночи подвергся многократному нападению вампиров. При этом не столь опасна потеря крови, сколько возможность заражения вирусом бешенства и некоторых других заболеваний. В 1920 —



Белополосая мышь-вампир (*Wampyrus hilleri*)

1954 годах на Тринидаде погибло от бешенства несколько десятков человек. Был падеж сельскохозяйственных животных.

Вампир — десмодус ротундус — один из главных источников заболевания бешенством. У жителей Мексики и соседних с ней стран вампиры издавна считаются оборотнями злого духа Джумби или Сосуна. Покусанный вампиром человек нередко верит в то, что ночью на него нападала старая ведьма Сосун.

... Каждую ночь ведьма снимает с себя особую верхнюю шкуру и прячет под жернов ручной мельницы. После этого она вылетает через окно своего жилища в виде огненного шара, способного проникать в любой дом сквозь щели или замочные скважины. Потом ведьма принимает человеческий облик, прокусывает зубами кожу спящего человека и сосет из ранки кровь. Для того чтобы избавиться от кровожадной ведьмы, нужно ночью отыскать под жерновом шкуру и густо посыпать ее горячим перцем. Одев шкуру, ведьма сожжет кожу и погибнет. Во избежание проникновения в дом огненного шара, около входа рассыпают рис. Жадная ведьма

считает зерна риса и, если ее застанет за этим утро, убирается во свояси...

Ученые установили, что при однократном сосании вампир в состоянии выпить у спящего человека до 50 кубических сантиметров крови. В течение ночи один и тот же вампир может нападать и на животных и на человека. Однажды видели, как белокрылый вампир (диемус юнги) среди белого дня напал на курицу. Этот обитатель Тринидада залетает иногда в Мексику. Пойманный, он угрожающе шипит и выделяет зловонный запах.

В неволе белокрылый вампир поражает своими музыкальными способностями: он шипит, свистит, кричит и чирикает, как воробей. Самец и самка, помещенные вместе в клетку, привязываются друг к другу, проявляют нежные чувства и сильно волнуются, когда их разлучают. Однажды из клетки удалили самку. Самец бурно реагировал на это и успокоился лишь после того, как ему в клетку повесили зеркало. Приняв собственное отражение за свою подругу, он старательно облизывал поверхность зеркала.

УДН 591.65; 591.97

2600 ТЕРМИНОВ НА ЧЕТЫРЕХ ЯЗЫКАХ

О. С. Гребенщиков

Геоботанический словарь
русско-англо - немецко - француз-
ский, Изд-во «Наука», 1965,
228 стр., ц. 1 р. 02 к.

Словарь содержит не только геоботанические термины — в него включены основные понятия по смежным дисциплинам: экологии растений, почвоведению, геоморфологии, фитогеографии, лесоведению, луговедению и т. д.

В основной таблице словаря термины расположены в порядке русского алфавита, но помещенные в конце книги указатели английских, немецких и французских терминов дают возможность пользоваться словарем при переводах с английского на русский, с немецкого на французский — и

в любых комбинациях четырех языков.

Автор не ограничился переводом терминов. В тех случаях, когда речь идет о малоизвестных терминах, употребляющихся лишь в специальных трудах и потому не включенных даже в самые подробные словари общего характера, он, опять-таки на четырех языках, приводит краткое толкование слов. Особенно много новых терминов возникло за последние годы в связи с интенсивным изучением природы африканских и южноамериканских стран и внедрением в научный обиход местных названий. Вот несколько конкретных примеров:

«Варзеа—пойменные пространства с влажным тропическим лесом

и отчасти саваннами (Амазония)». «Влеи — болотистые травянистые формации (Южн. Африка)» «Салитраль — комплексная полупустынно-степная растительность с кустарниками и полукустарниками из рода *Salicornia* и др. (на засоленных почвах Аргентины)».

Очень хорошо, что в словаре указаны авторы, впервые употребившие тот или иной термин.

Четырехязычный «Геоботанический словарь»—первое в СССР и в мире подобное издание. Он будет полезен и интересен не только переводчикам и тем, кто пользуется зарубежной литературой, но и вообще широкому кругу специалистов по геоботанике и смежным дисциплинам.

VIII ВСЕСОЮЗНОЕ СОВЕЩАНИЕ ПО ГЕОКРИОЛОГИИ

В Якутске, в Институте мерзлотоведения Сибирского отделения АН СССР, с 30 июня по 9 июля проходило совещание исследователей многолетней мерзлоты. Как известно, мерзлота распространяется на половину территории нашей страны.

Совещание было весьма представительным. В нем приняли участие сотрудники многих научно-исследовательских организаций и институтов: Московского университета, Ленинградского горного института, Всесоюзного института гидрогеологии и инженерной геологии, институтов по инженерным изысканиям и строительству и Института оснований подземных сооружений Госстроя СССР. Но особенно следует отметить роль якутских и магаданских ученых. В совещании участвовали также польские и монгольские ученые.

На Совещании было доложено об основных достижениях и задачах советской геокриологии, рассмотрены общая теоретическая и историческая геокриология, региональная геокриология, геоморфология, термодинамика и теплофизика верхней зоны земной коры, физика и механика мерзлых пород, снега и льда. В докладах сообщались весьма интересные новые данные¹. Например, мощность многолетней мерзлоты превышает по последним данным в некоторых районах Якутии 1000 м и даже 1500 м, а не 600, как ее еще недавно оценивали.

Весьма интересны были две большие экскурсии. Одна — на теплоходе до знаменитого разреза плейстоценовых отложений Мамонтова Гора, находящегося на берегу р. Алдан. Вторая, на самолетах, доставивших участников Совещания в районы центра добычи якутских алмазов — г. Мирный и строительства виллюйской гидростанции — пос. Чернышевск. В окрестностях

¹ В одном из ближайших номеров нашего журнала предполагается поместить статьи, освещающие новейшие достижения советского мерзлотоведения — геокриологии.

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ В ТАШКЕНТЕ

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЕГО ВОЗНИКНОВЕНИЯ

Землетрясение 26 апреля 1966 г. в Ташкенте получило широкую известность. И действительно, оно представляет значительный интерес по ряду причин. Во-первых, его эпицентр оказался непосредственно на территории города. Плейстосейстовая 8-балльная зона площадью всего около 80 км² охватила центральные кварталы Ташкента. Глубина очага оказалась очень небольшой, порядка 8—10 км. Повторные толчки по своей силе достигали 6—7 баллов: 10 мая, 24 мая, 5 июня, 4 июля... Эпицентры повторных толчков сконцентрированы на очень ограниченной площади и не выходят за пределы города. Очаги повторных толчков в некоторых случаях залегали на глубине всего в 2—3 км.

Нельзя сказать, что Ташкентское землетрясение представляет собой нечто необыкновенное. В Средней Азии ежегодно фиксируется много сот подземных толчков, и порою они достигают значительной силы. Какие же причины породили именно это землетрясение?

Все землетрясения Средней Азии по своей природе относятся к тектоническим. Таким же было и землетрясение 1966 года. Земная кора, вообще говоря, всегда и всюду находится в движении. В условиях платформ подобные движения выражаются по преимуществу в очень медленных вертикальных перемещениях. В подвижных зонах, т. е. в пределах геосинклиналей, на территории складчатых зон и на участках активизированных платформ тектонические движения выражаются в деформациях, наклонах и изгибах коры, в формировании складок и разрывов, в горизонтальных и вертикальных движениях большого размаха и, в связи с этим, в появлении контрастного рельефа на поверхности.

В качестве источника сил, вызывающих подобные движения, можно назвать изменения в скорости вращения Земли, в термическом режиме земного шара, изменения, связанные с гравитационной дифференциацией вещества, и, вероятно, геохимические процессы, протекающие в недрах Земли. Одним из показателей активности недр служит сложность рельефа поверхности Мохоровичича, т. е. подошвы земной коры, которая в процессе движений также испытывает значительные деформации и меняется в своей мощности в пределах нескольких десятков километров. Несомненно, и мантия участвует в подобных движениях, о чем могут свидетельствовать хотя бы глубокофокусные землетрясения (с глубиной очага до 700 км).

Воздействие перечисленных выше факторов, характеризующих процесс развития земной коры, приводит к накоплению в последней значительных по масштабу напряжений, которые, по достижении известного предела, накладываются прочностью пород, разрешаются в форме перемещений вещества, в том числе и в форме внезапных

смещений по тектоническим разрывам. Внезапное и почти мгновенное смещение пород в окрестностях разрыва приводят к освобождению накопившейся в зоне разрыва энергии, которая, перейдя в кинетическую форму, распространяется во все стороны от очага в виде упругих волн и выражается в подземных толчках и колебаниях почвы на поверхности Земли, т. е. в форме землетрясения.

Смещения по тектоническому разрыву осуществляются в большинстве случаев по принципу простого сдвига (в механическом смысле слова), т. е. одно крыло смещается по отношению к другому вдоль сместителя, иными словами вдоль поверхности разрыва.

Такова общая концепция. Какова же геологическая обстановка и конкретные условия возникновения землетрясения 1966 года?

Имеются ли признаки новейших тектонических движений в окрестностях Ташкента? Да, несомненно. Восточнее Ташкента расположен ряд горных хребтов — Пскемский, Угамский, Каржантау и др.; они сложены палеозойскими породами, осадочными и изверженными, интенсивно дислоцированными еще в период герцинской складчатости, но — и это самое главное — они испытали новый период активизации движений в конце неогена и в антропогене. Подобные «новейшие» движения выразились в поднятии тех участков коры, которым соответствуют перечисленные выше горные сооружения, и опускания прилежащих к ним с юга и севера участков, занятых ныне долинами рр. Чирчик и Келес. Подымающиеся и опускающиеся участки разделены разрывами типа крутых надвигов. По надвигам приведены в соприкосновение палеозойские и третичные отложения. Разрывы проявляют активность и в четвертичном периоде, ибо речные террасы притоков Чирчика и Келеса в местах, где они пересекают линии разрывов, деформированы. Подобного рода нарушения служат показателем активности новейших и современных движений и достаточны для того, чтобы объяснить появление здесь очагов землетрясений. Последние и зафиксированы здесь в большом числе — в 1929, 1932, 1934, 1937, 1955, 1959 гг. и др. За последние десятилетия сейсмическими станциями зарегистрированы здесь сотни землетрясений.

Однако все это касается районов, расположенных восточнее Ташкента. В ближайших окрестностях Ташкента на поверхности нет ни выходов палеозойских пород, ни складок, ни разрывов — спокойная плоская равнина, сложенная однообразными довольно мощными лесовидными суглинками или аллювиальными галечниками. Это — на поверхности. А что в глубине? Возможно, что сюда, под Ташкент, проходят те дислокации, в том числе и разрывные, которые так ясно проявляются на востоке и которые обладают именно юго-западным — северо-восточным простиранием, т. е. направлены в сторону Ташкента. Следует думать, что дело обстоит именно так. Ось поднятий хребта Каржантау, высоко поднятая на северо-востоке, протягивается и на юго-запад, и в этом направлении она погружается, что выражается, в частности, в смене выходов палеозойских пород выходами меловых, а затем и третичных. Еще дальше к юго-западу, т. е. уже в пределах Ташкента, ось эта опускается еще глубже, и на поверхность не выходят даже третичные породы, но бурение и геофизические исследования показывают, что в глубине, под Ташкентом, и третичные породы, и поверхность палеозойского фундамента действительно дислоцированы, и в этих дислокациях можно видеть подземное продолжение оси под-

Якутска были показаны термокарстовые образования, а в самом городе — лаборатория, размещенная в толще мерзлоты и знаменитая шергинская «шахта», вырытая еще в 1840-х годах в мерзлоте до глубины 116 м.

Профессор К. К. Марков
Москва

СИМПОЗИУМ ПО БИОМАГНЕТИЗМУ

Третий Международный биоманнитный симпозиум¹ (март 1966 г., Чикаго) был посвящен влиянию постоянного магнитного поля на различные биологические объекты.

В большинстве докладов излагались новые экспериментальные данные по действию сильных магнитных полей на организм мелких животных. У мышей наблюдали патоморфологические изменения в надпочечниках, изменения активности окислительных ферментов печени, значительное увеличение Na и K в моче. Если беременные самки помещались в поле 4200 э, у них рождалось меньше мышат и вес их был ниже нормального. Кроме того, магнитное поле изменяло электрическую активность нервных клеток головного мозга кроликов и изолированного препарата подглоточного ганглия таракана.

Анализируемый физический фактор изменял деятельность не только целостного организма, но также влиял на рост изолированной культуры миокарда кролика и легких мыши. Культура одноклеточных замедляла свой рост в магнитном поле, в отдельной клетке отмечали изменение ориентации ядра на 10—30° и снижение количества РНК в цитоплазме. Пороговое значение поля, изменяющее потребление кислорода для культуры почки эмбри-

¹ Хотя симпозиум носит название международного, на первых двух подобных собраниях преобладали сообщения американских исследователей. Такое положение сохранилось и на этот раз: из США было представлено 17 докладов. Впервые в программу были включены 4 доклада из СССР, 2 доклада были из Аргентины и по одному — из Швеции и ФРГ.

она мыши, опухолевой ткани Саркома 37 и дрожжей, располагалось около 80 а. Увеличение интенсивности поля до 10 000 а не усиливало эффекта.

Эритроциты серповидной формы в капле крови человека ориентировались своей осью поперек направления силовых линий магнитного поля, а одноклеточная парамедия предпочитала большую часть времени проводить около южного полюса.

В опытах на растениях показано, что длительное воздействие полем тормозит рост корней нарцисса и лука и вызывает их дополнительное ветвление, что связано с угнетающим влиянием на эмбриональные ткани. С другой стороны, рост овса ускорялся в поле 1250 а и выше.

Наконец, сильное искусственное магнитное поле увеличивало активность фермента трипсина в пробирке, и этот эффект зависел от уровня рН среды. Таким образом, сильное поле могло влиять на биологические процессы, происходящие на организменном, клеточном и молекулярном уровнях.

Интересны были также сообщения о влиянии геомагнитного поля на ориентацию парамедий, планарий, улиток и насекомых.

Кроме того, на симпозиуме впервые обсуждалось биологическое действие поля, менее интенсивного, чем геомагнитное. Оказалось, что такое ослабленное поле влияло на рост растений и даже на активность некоторых ферментов в организме животных. Отсюда следует, что магнитное поле является экологическим фактором, к которому в процессе эволюции приспособилось все живое. И повышение и понижение интенсивности этого физического фактора может сказаться на биологических процессах.

Исследования по биологическому действию магнитных полей неуклонно расширяются, и дальнейший прогресс должен привести к выяснению физико-химических механизмов этого действия.

Ю. А. Холодов
Кандидат биологических наук
Москва

ятий системы Каржантау. Более того, можно предполагать, что в районе Ташкента сближаются две разрывных зоны — Южно-Каржантауская и Северо-Каржантауская, которые ограничивают блок хребта Каржантау с юга и севера, и Каржантауский блок, сужаясь в направлении к Ташкенту, острием своего клина подходит к Ташкенту. Думается, что этого вполне достаточно, чтобы объяснить сейсмическую активность района Ташкента.

Некоторым дополнительным указанием на реальность такого предположения служат три факта. Во-первых, эпицентры многих, довольно сильных землетрясений, отмеченных в прошлые годы, явно тяготеют к зоне Южно-Каржантауского разрыва, протягиваясь полосой северо-восточного — юго-западного направления от верховьев Чирчика до самого Ташкента. Во-вторых, как показывают наблюдения на среднеазиатских станциях, обработанные Е. М. Буровской, А. И. Захаровой, С. С. Сейдузовой и В. И. Уломовым, плоскость разрыва, с которым связано землетрясение 1966 г., проходят в пределах очага в северо-северо-восточном направлении и падает круто в западо-северо-западном направлении; другими словами, динамические параметры этого очага отвечают, по своей характеристике, тому, что известно для системы Каржантауских разрывов. И, в-третьих, трещины в почве, зафиксированные на площади города после подземного толчка 26 апреля 1966 г., протягиваются в основном также в северо-восточном направлении, отражая, очевидно, общую тектоническую обстановку в районе очага (наблюдение М. А. Ахмеджанова, О. М. Борисова, Г. А. Мавлянова, Р. А. Садыкова, Н. Н. Ходжибаева и др.).

Я не сказал бы, что тем самым вопрос о природе Ташкентского землетрясения разрешается окончательно. Нет, это лишь одно из возможных предположений. Для окончательного суждения следует провести специальные исследования, используя для этого весь арсенал геологических и геофизических методов. Уже сейчас можно отметить, что некоторое значение в возрождении сейсмических сил в районе Ташкента могут иметь тектонические структуры северо-западного направления, т. е. направления, поперечного к господствующему здесь простиранию новейших нарушений; об этом говорят, например, результаты магнитных измерений, согласно которым через Ташкент проходит в северо-западном направлении полоса значительных аномалий магнитного поля (работы Н. Б. Вольфсона и Б. Б. Таль-Вирского). Следует иметь в виду также и соображение Н. В. Васильковского об активной роли антиклинальных складок в неогеновых отложениях непосредственно под Ташкентом. Эти и другие данные показывают сложность вопроса о геологической природе землетрясений этого района.

Как сейсмостатистические, так и сейсмогеологические материалы позволяют сказать, что землетрясения силой свыше 8 баллов в Ташкенте вряд ли возможны. Землетрясения же силой от 6 до 8 баллов здесь будут проявляться и в дальнейшем, с частотой порядка одного раза в несколько десятилетий. Таким образом, строительство зданий в городе нужно вести в расчете на 8 баллов, с изменением этой цифры в ту или другую сторону, в зависимости от местных грунтовых условий.

Профессор Г. П. Горшков
Москва

СУЩЕСТВОВАНИЕ ПЫЛЕВЫХ СПУТНИКОВ ЗЕМЛИ ВНОВЬ ПОДТВЕРЖДЕНО

В 1961 г. польский астроном Казимир Кордылевский обнаружил, что у Земли, кроме Луны, есть еще своеобразные спутники — пылевые облака, расположенные в так называемых точках либрации системы Земля — Луна¹. Всего было найдено три пылевых облака — два в пятой точке либрации и одно (в 1962 г.) — открыто в четвертой точке. Эти точки либрации образуют вместе с Землей и Луной равно-сторонние треугольники, сторона которых равна радиусу лунной орбиты.

К. Кордылевский описал сложность наблюдений этих чрезвычайно слабых облаков — они слабее по яркости и Млечного Пути, и Зодиакального света, и даже редко видимого пятнышка так называемого противосияния. Благоприятнейшие условия для наблюдения пылевых облаков, по расчетам ученого, складывались очень редко и только в высокогорных условиях: по нескольку раз в течение года, каждый раз по две — три ночи, причем всего 2—3 часа каждую из этих ночей.

Места на небе, где находятся в эти удобные моменты 4 и 5-я точки либрации, рассчитать было нетрудно. К. Кордылевский регулярно публиковал соответствующие расчеты на каждый год. Однако прошло более четырех лет, прежде чем эти облака удалось увидеть другим наблюдателям — У. Симпсону и Р. Миллеру — с высокогорной обсерватории Локсли в горах Санта-Крус в Калифорнии и наблюдать пылевые спутники в обеих точках, оценить их размеры и возможную массу.

Поскольку облака слабы, размеры их частиц очень малы, а размеры облаков сравнимы с размерами Земли! Масса облаков всего 20 тыс. т, что в $3 \cdot 10^{20}$ раз меньше массы Земли. По плотности это примерно пылинки на кубический километр (если вес пылинки $2 \cdot 10^{-6}$ г)!

Пылевые спутники Земли имеют фазы, т. е. меняют свою яркость. Яркость пылевого облака, движущегося по лунной орбите впереди Луны, достигает наибольшего значения, когда пройдет два дня после момента первой четверти Луны, а пылевого спутника позади на орбите Луны, — за два дня до того, как Луна будет в последней четверти.

Ю. П. Псковский

Кандидат физико-математических наук

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СЕРЕБРИСТЫХ ОБЛАКОВ

Научные учреждения Швеции и США разработали программу экспериментов по изучению верхней атмосферы при помощи рубинового лазера, который будет использован в системе радиолокации вместо обычного радиопередатчика.

Очень мощный пучок лазера позволит ученым увеличить продолжительность наблюдений се-

ребристых облаков (на высоте в 75—90 км), которые можно наблюдать в обычных условиях лишь в короткие минуты заката, когда они подсвечиваются Солнцем.

Цель этих экспериментов — определение высоты метеоритных частичек и космической пыли, их свойств и распространения в пространстве.

«Новости Юнеско», 1966, № 8, стр. 2.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

С 15 по 18 июня в Симферополе происходило совещание по комплексным исследованиям режима поверхностных и подземных вод в карстовых районах Союза. Гидрогеологи, гидрологи и работники водного хозяйства собрались, чтобы обсудить возможности и методы изучения влияния карста на сток и распределение водности рек и озер по сезонам года, на количество подземных вод и подумать о естественном и искусственном их пополнении.

В связи со все возрастающей потребностью в воде существующие водные ресурсы и влияющие на их распределение законы природы должны быть как можно лучше изучены. Мы должны использовать воду в народном хозяйстве с максимальным успехом! Водосборные бассейны с наличием карста в нашей стране распространены довольно широко и выявление закономерностей формирования в их пределах поверхностного и подземного стоков и изучение взаимного их влияния — одна из насущных задач, стоящих перед учеными и практиками, так или иначе связанными в своей работе с водными ресурсами. Подземный сток, изучаемый гидрогеологами, тесно связан с поверхностным стоком, исследованием которого занимаются гидрологи. Работников же водного хозяйства интересуют и те и другие воды для возможности использования их в народном хозяйстве. Но если законы стока поверхностных вод в значительной мере уже прослежены, то законы подземного стока в закарстованных породах и в особенности взаимосвязь первого и второго стоков изучены еще очень мало. Подземные воды формируются за счет просачивания осадков и фильтрации из поверхностных водоемов, рек, озер и водохранилищ. Известно, что талые и дождевые потоки и реки, протекая по поверхности закарстованных территорий, теряют на фильтрацию в грунт значительно больше, чем протекая по неза-

карстованным. Это искажает изученные гидрологами закономерности поверхностного стока для обыкновенных, незакарстованных территорий. Поэтому для водного хозяйства чрезвычайно важно точно знать, где под землей расположен карст и как он влияет на поверхностный сток. Ведь бывает и так, что из-за карста иногда под землю уходят целые реки или полностью исчезает вода из только что построенных водохранилищ. Нам необходимо точно знать, где, как и сколько поглощает карст воды из поверхностного стока, уменьшая его, и где и сколько он возвращает его на поверхность в виде ключей, сколько воды рекам дает карст из поглощенных им вод и когда, как сказывается поглощающая деятельность карста на увеличение запасов глубинных, артезианских вод. С последним связываются возможности и методы искусственного пополнения наиболее ценных для водоснабжения, подземных вод. В связи со все возрастающей потребностью населения в чистой воде, такая возможность становится особенно актуальной.

На Совещании было заслушано около 30 докладов и сообщений. Рассматривались проблемы изучения карста, скрытого на значительных глубинах, возможности искусственного пополнения запасов подземных вод в степном Крыму, Донбассе, центральных областях, влияние карста на формирование стока рек в ряде областей страны, особенности, состав и методика комплексных гидролого-гидрологических исследований карстовых районов.

Участникам Совещания была предоставлена возможность познакомиться с проявлениями карстовых процессов в горах Крыма, была организована экскурсия на Ай-Петри.

Н. В. Феденко
Кандидат технических наук
Москва

НОВЫЙ ПОМОЩНИК ГЕОФИЗИКИ

Американские ученые Р. Фаулер, В. Кастеллано и Р. Гофманн выдвинули интересную идею использования световых пучков

ЗАГАДКА ХИБИНСКИХ ГОР

С давних времен пастухи заметили, что некоторые камни и скалы в горах Швейцарии покрыты каким-то красным растительным налетом, который пахнет фиалкой, что дало повод назвать его фиалковым. В ходу были и другие названия: фиалковый мох, каменный шафран, красильная парша. Суеверные горцы считали камни, покрытые красным налетом, камнями мудрости. Налет этот применяли то как лекарство, то как парфюмерное средство или же как порошок от молш.

Ученые далеко не сразу признали, что это растение — водоросль. Даже великий натуралист Карл Линней колебался, можно ли назвать его водорослью и первое время считал грибом. В 1883 г. водоросль получила свое окончательное название — Трентеполия йолитус (*Trentepohlia jolithus* L., Wallroth) и нашла место в системе растений среди зеленых водорослей, к которым относится и всем теперь известная хлорелла. Красный цвет ее обусловлен присутствием в ее теле красящего вещества гематохрома. При благоприятных условиях гематохром накапливается в теле водоросли в большом количестве, и тогда она становится ярко-красной.

Эта водоросль — типичный обитатель высокогорья. Селится она обычно на поверхности древних силикатных горных пород и на известковых породах. Она встречается почти во всех горных странах земного шара.

Недавно нам пришлось познакомиться с этой водорослью в Хибинах. Сначала мы полагали, что это накипный лишайник. Во время наших походов в Хибинах мы набрали серию камней с накипными лишайниками, в том числе и с красным налетом. Только по приезде в Ленинград известный ученый, знаток споровых растений В. П. Савич вывел нас из заблуждения: он признал в красной пленке на камнях водоросль Трентеполию йолитус.

Летняя погода в Хибинах была благоприятна для накопления в водоросли гематохрома: горы выше верхней границы Лесного пояса во многих местах совершенно покраснели. Невольно напрашивается сопоставление — красные Хибинские горы и синие горы Кавказа: «Синие горы Кавказа, приветствую вас»... (М. Ю. Лермонтов)¹.

Не может ли Трентеполия йолитус, так широко распространенная в Хибинских горах, сложенных щелочными породами, в известной мере служить указателем этих пород уже при первом взгляде на них или во время аэрофотосъемки? Было бы очень интересно выяснить, какую роль водоросль играет в выветривании этих пород. Остается загадкой, кто из животных питается этой водорослью в суровых условиях верхних поясов Хибинских гор...

В. Е. Арнс, Л. Е. Арнс

Ботанический институт им. В. Л. Комарова АН СССР (Ленинград)

¹ Верхние пояса Кавказских гор изобилуют различными видами колокольчиков и других растений со своей окраской цветков.

ОТКРЫТ ПЕРВЫЙ ТОЧЕЧНЫЙ ИСТОЧНИК КОСМИЧЕСКИХ γ -ЛУЧЕЙ

Д-р Дж. Даттл из Рочестерского университета (США) и его помощники — студенты Р. Кобб и Дж. Стьюарт осуществили уникальные измерения γ -лучей на высоте около 40 км над Техасом. На этой высоте многие γ -лучи образуются при столкновениях космических лучей с частицами атмосферы. Трудность заключалась в том, чтобы найти точечный источник, мощность которого превышала бы это фоновое излучение. Такой источник был обнаружен и назван Лебедь СтR-1. Он находится в той области неба, где ранее был обнаружен точечный источник рентгеновых лучей, известный под названием Лебедь XR-1. γ -лучи высокой энергии от источника Лебедь СтR-1 были обнаружены на фотографиях ядерных соударений в пскровой камере, поднятой на высоту около 40 км над

Техасом в конце суток 23 октября 1965 г.

Статистический анализ данных, полученных в балонном полете, дал убедительное доказательство того, что зарегистрированное избыточное излучение пришло из одной области.

Результаты анализа показали также, что по ряду характеристик γ -лучи от этого источника несколько отличаются от γ -лучей, образованных в земной атмосфере. Ни Лебедь СтR-1, ни XR-1, обнаруженный учеными Морской лаборатории США, пока не удалось определенно идентифицировать с каким-либо видимым объектом или радиозвездой. Этот источник, излучающий рентгеновы и γ -лучи, принадлежит нашей Галактике и находится в пределах Млечного Пути в созвездии Лебеда.

«Science News Letters», v. 89, 1966, № 19, p. 349 (США)

КОСМИЧЕСКИЙ МАЗЕР

Открытие в 1951 г. радиоизлучения нейтрального водорода на волне длиной 21 см, предсказанного еще в 1945 г. голландским астрономом Ван де Хюлстом и теоретически обоснованного И. С. Шкловским в 1948 г., было революционным событием в радиоастрономии. Это дало возможность исследовать целый ряд ранее недоступных областей космического пространства. Естественным, казалось, изучение радиоизлучения и других нейтральных составляющих межзвездного межгалактического газа на дециметровых волнах. Однако еще в 1948 г. И. С. Шкловским было показано, что ни от одного другого элемента нельзя ожидать линий радиоизлучения в близкой области, хотя могли бы быть обнаружены линии поглощения молекул межзвездного газа на фоне непрерывного спектра мощного радиоизлучения какого-либо космического источника. Об интересных открытиях в этой области рассказал 19 мая 1966 г. на научной сессии Отделения общей и прикладной физики проф. И. С. Шкловский.

Уже давно методами оптической астроспектроскопии были обнаружены линии поглощения CN и CH, концентрация которых оказалась в десять-сто миллионов раз меньше концентрации водорода. В 1953 г.

от лазера для предсказания землетрясений. Для этой цели необходимо разместить два лазера в двух различных точках активной зоны разрыва (трещины) в земной коре и посылать пульсирующие световые пучки вдоль краев этой зоны. Таким способом можно обеспечить непрерывное и длительное наблюдение за напряжениями и сдвигами земной коры вдоль активных разрывов. Очень точные измерения перемещений земной коры за время около одной минуты можно было бы проводить до расстояний 20 км. По точности и эффективности, утверждают авторы идеи, лазерная система не уступает существующим стандартным приборам для измерения напряжений в земной коре.

«Science News Letters», v. 89, 1966, № 29, p. 349 (США)

ЧЕМ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ЯРКОСТЬ НОЧНОГО НЕБА?

Ответ на этот вопрос зависит от того, находится ли Вселенная в состоянии динамического равновесия, остается неизменной или расширяется. Для выяснения этого вопроса д-р Д. Лэйзер (США) провел обширные математические расчеты.

Если во Вселенной непрерывно идет процесс образования вещества (динамическая модель), то темный цвет неба является прямым следствием космического расширения, которое неизбежно должно происходить постоянно, чтобы обеспечить место для новых звезд и вновь образующихся галактик.

Если Вселенная находится в статическом положении, то фоновое излучение неба ограничивается временем жизни звезд.

Если Вселенная расширяется, то все галактики размещаются все дальше друг от друга. Никакого нового вещества не создается, а новые звезды образуются только из остатков «умерших» звезд. При таких условиях вклад света звезд в фоновое излучение ограничивается частично космическим расширением и частично — конечным временем жизни звезд.

«Nature», v. 209, 1966, p. 1340 (Англия)

ПЕРВАЯ ВСЕСОЮЗНАЯ ШКОЛА ПО ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

На лесистом берегу р. Протвы, близ Обнинска, раскинулся палаточный городок. Сюда в июне из 30 различных городов Советского Союза съехались ведущие специалисты в области электронной микроскопии: физики, биологи, металловеды, приборостроители — те, кто создает электронные микроскопы и те, кто их использует в научно-исследовательской практике.

Первая Всесоюзная школа по электронной микроскопии была организована Научным советом по электронной микроскопии АН СССР на базе Института медицинской радиологии АМН СССР. Программа школы включала в себя ряд лекций по узловым вопросам приборостроения и обслуживания электронных микроскопов, обзор основных достижений электронной микроскопии в геологии, металловедении, химии и биологии, вопросы препарирования и методики работы с дифракционным контрастом.

Были проведены семинары и консультации по ряду проблем. Консультации и обсуждения не ограничивались дискуссиями в аудиториях, а часто переносились в палаточный городок, где у костра, часто далеко за полночь, продолжался свободный обмен мнениями по научным и методическим вопросам. Романтическая обстановка немало способствовала установлению тесных дружеских и деловых контактов.

В работе школы приняли активное участие чл.-корр. АН СССР Б. К. Вайнштейн, профессора Ю. М. Кушнир, Г. В. Спивак, В. М. Лукьянович, Г. С. Грицаненко, Л. М. Утевский и другие видные ученые.

По мнению участников, их пребывание в школе было очень полезным, плодотворным и должно способствовать резкому подъему научного уровня отечественных электронно-микроскопических исследований.

В. Н. Р о ж а н с к и й
Доктор физико-математических наук
Москва

докладчиком было предсказано существование линии гидроксидов ОН с длиной волны около 18 см^1 . Она была обнаружена только в конце 1963 г. на фоне самого мощного радиоизлучения радиоисточников Кассиопея А. Глубина линии поглощения составляла доли процента, так как гидроксидов было в 10 млн. раз меньше, чем атомарного водорода.

Дальнейшее изучение этой линии принесло ряд удивительных неожиданностей. На фоне радиоизлучения радиоисточников Стрелец А были обнаружены глубокие линии поглощения около 18 см . Это означает, что где-то существуют области, где концентрация ОН значительно выше обычной. По ширине линий можно судить, что разброс скоростей молекул достигает десятков км/сек . В то же время доплеровское смещение одной из таких линий соответствует удалению этой области со скоростью около 40 км/сек , другой — приближению со скоростью 120 км/сек . Почему это может быть так — пока понять не удается.

Однако чудеса еще только начинаются.

Группа американских радиоастрономов предприняла систематическое изучение линии поглощения гидроксидов на фоне излучения ярких радиотуманностей в области 18 см . Теоретическое рассмотрение показывает, что эта линия должна расщепляться на 4 линии с частотами 1612, 1665, 1667 и 1720 Мгц (соответствующие длины волн $18,57$; $18,01$; $18,00$ и $17,24\text{ см}$) с относительными интенсивностями $1:5:9:1$. В начале наблюдения подтвердили расчет, но затем снова пошли неожиданности. На фоне радиоизлучения туманности W-49 (по каталогу Вестерхоута) на волне с частотой 1665 Мгц вместо поглощения на $1/3\%$ было обнаружено излучение, на 50% превышающее фоновое! Отдельные детали были весьма узки (в дальнейшем было показано, что их ширина около $0,5\text{ мкц}$).

В истории спектрального анализа уже были случаи, когда астрономы обнаруживали линии, которые нельзя было приписать ни одному из известных к тому времени элементов. Так был открыт гелий и по той же причине предположили существование «элементов» небулия и корония. Но эти два последние в дальнейшем исчезли из арсенала астрономов, так как оказалось, что соответствующие линии принадлежат уже известным атомам, но не проявляются в земных условиях. Некоторые ученые решили вновь пойти по этому пути и придумали для объяснения новый элемент «мистерий». Уже само название говорит, что его авторы сами в него не очень верили. Но где было взять другое объяснение?

Такой же эффект излучения вместо поглощения был зафиксирован и для остальных трех линий. И для всех них обнаруживались чрезвычайно противоречивые данные. Узость отдельных деталей спектра (400 мк) говорила о температуре порядка всего 3°К , так как при более высокой температуре тепловое движение за счет Доплер-эффекта расширило бы линию. А яркость линии требовала значительно более высокой температуры. Излучение линейно поляризовано в одних деталях линии на $80\text{—}90\%$, а в других — поляризация во много раз меньше.

Дэвис с сотрудниками (Англия) по наблюдавшемуся Зееман-эффекту расщепления спектральной линии оценил напряженность магнитного поля в туманности W-3 для разных источников излучения от $6 \cdot 10^{-4}$ до $1,2$ на 10^{-2} э . Это в среднем всего в сто раз меньше напряженности земного магнитного поля и примерно в 1000 раз больше того, которое должно быть в облаках межзвездного вещества.

¹ Оптическими методами межзвездные молекулы ОН не были обнаружены.

И, наконец, самое странное — переменность излучения «мистериума». За несколько дней и даже за одни сутки резко меняется спектральный профиль. Это значит, что размер излучающей области не больше, чем $3 \cdot 10^{18}$ см (т. е. несколько световых дней).

Все это может быть объяснено, если допустить, что на периферии источника существует огромный квантовый генератор микрорадиоволн — естественный космический мазер. Это очень смелая мысль, так как до сих пор никто даже не предполагал, что система с отрицательной абсолютной температурой может возникнуть не в лаборатории физика.

Теория этого явления пока еще не создана. Но некоторые предположения о механизме перехода большинства молекул на высшие энергетические уровни («накачка» энергии), что и соответствует отрицательной абсолютной температуре, выдвинуты в докладе проф. И. С. Шкловского. Накануне своего выступления ему удалось ознакомиться с предварительным, еще не опубликованным, сообщением американских ученых: Салпетера, Голда и Перкинса, где предложен другой механизм.

По идее Салпетера, «накачка» происходит за счет поглощения молекулой ОН с переходом на высший электронный уровень ультрафиолетовой линии 3080 Å. А источником, излучающим эту линию, служат находящиеся внутри газовой туманности горячие звезды. Модель «мазера» представляется в таком виде, что центральная звезда окружена на некотором расстоянии слоем, в котором ОН поглощает ультрафиолетовое излучение в линии 3080 Å полностью. Но при этом плотность ОН должна быть порядка одной сотой от плотности водорода, а не 10^{-8} .

По всем этим причинам и главное потому, что Салпетер не учитывает существования большого магнитного поля, докладчик считает, что такая модель не объясняет явления.

В своих исследованиях проф. И. С. Шкловский исходит из обязательного присутствия сильного магнитного поля. Ионизованный водород (H II) будет находиться внутри некоторой сферы, а нейтральный (H I) вне ее. На границе нейтральный водород «обжимается», его плотность ρ увеличивается и магнитное поле будет порядка ρ^{β} , где β близко к $1/2$ и $\rho \sim 10^{-18}$, в то время как нормальная плотность водорода 10^{-24} . С ее увеличением должна увеличиться и плотность ОН.

По времени вариаций спектральной характеристики можно определить, что размеры сферы порядка 10^{17} см, а масса ее $\simeq M_{\odot}$.

Можно ожидать, что возможен переход молекул гидроксила и на высшие колебательные уровни. В этом случае «накачка» должна происходить за счет квантов инфракрасной части спектра. Индуцированное «мазерное» излучение тогда должно быть на длинах волн 5,1; 2,2 и 1,4 см. Дальнейшие наблюдения должны ответить на вопрос о существовании такого излучения и — что возможно и очень желательно, — об угловых размерах источника.

Космический мазер, по представлениям И. С. Шкловского, возникает там, где возникают конденсации межзвездной среды с плотностью примерно в 30 000 раз больше средней. Такие конденсации, по-видимому, являются протозвездами. Благодаря большой интенсивности излучения естественного мазера, радиоастрономы, анализируя его, могут судить о рождении звезды даже в самом далеком от нас уголке Галактики.

М. А. Корец,
З. Л. Понизовский

ЛАЗЕРНЫЙ СТАНОК

В Краковском институте обработки резанием начал работать первый в Польше, один из немногих в мире лазерный станок. Он уже прошел период лабораторных и опытных испытаний, а ныне используется в промышленности.

Новая машина предназначена для сверления микроскопических отверстий и углублений в разного рода элементах, которые нельзя сделать при помощи обычных металлообрабатывающих станков. Лазерный станок может «бурить» отверстия диаметром до нескольких сот микрон даже в алмазах.

В зажим станка вставляется элемент, в котором следует сделать отверстие или углубление. Нажатие кнопки, и вспышка лазера информирует об окончании операции. Через глазок объектива в течение тысячной доли секунды проходит огромная сконцентрированная электрическая энергия. На 1 мм^2 поверхности она концентрируется с мощностью 100 мегаватт. Увидеть микрорезерти можно лишь под микроскопом. Такие операции можно проделывать бесконечное количество раз с 30-секундным интервалом.

Первый польский лазерный обрабатывающий станок используется в различных целях. Например, на нем можно сверлить микроскопические отверстия в дышле прядильных машин. Сквозь каждое отверстие проходит одна тоненькая нить синтетического волокна. Станок уже применяется для обработки элементов, используемых в машиностроительной, автотракторной, промышленности полупроводников и т. д.

Производство лазеров, созданных учеными Варшавской военно-технической академии и Вроцлавской центральной оптической лаборатории, завоевало прочную позицию во всем мире. Достаточно сказать, что, кроме Соединенных Штатов, только Польша производит лазерные коагуляторы, используемые при глазных операциях.

Ян Венгельский
«Польское обозрение», 1966, № 25,
стр. 15—16

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ И ЖИДКОСТЬ

Член-корреспондент АН Латвийской ССР И. М. К и р к о

МАГНИТНАЯ ГИДРОДИНАМИКА КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

«Вестник АН СССР», апрель 1966, № 4

Читатель наверно не раз видел вихревую дорожку Кармана — ряд чередующихся вихрей за лодкой, плывущей по спокойной реке. Такая же дорожка образуется и в ртути, обтекающей, например, цилиндр. Но достаточно приложить поперечное магнитное поле в несколько сот эрстед, как вихревая дорожка исчезает — течение становится безвихревым — ламинарным. Ведь ртуть обладает высокой электропроводностью и ее движение в магнитном поле вызывает токи, гасящие вихревое движение.

Бегущее магнитное поле может вызвать движение металлической жидкости — совершенно герметичная труба без всяких движущихся в ней механических деталей превращается в электромагнитный насос. Такой насос был использован латвийскими учеными для создания радиационного контура атомного реактора.

Жидкий при комнатной температуре сплав индия, галлия и олова протекает под действием магнитного поля по замкнутому трубопроводу. Под воздействием нейтронов утечки реактора, которые иначе терялись бы без всякой пользы, ядра индия вблизи активной зоны приобретают значительную радиоактивность. Выйдя по трубопроводу за защитную стенку реактора сплав становится мощным источником гамма-лучей. Такой вид использования нейтронов утечки дает возможность создать на атомных электростанциях радиационные контуры с активностью в миллионы кюри и организовать дополнительное, практически бесплатное, радиационно-химическое производство. И не только это. Поток энергии в излучателе радиационного контура достигает 10^{14} —

10^{15} γ -квантов на см^2 в сек. При такой плотности становятся возможными совершенно необычные технологические процессы расплавления внутренней части изделия при сохранении поверхностных слоев в твердом состоянии, термическая обработка стали с увеличивающейся твердостью от середины к периферии и др.

Электромагнитное поле может удерживать проводящее тело во взвешенном состоянии. Это дает возможность бестигельной плавки. В условиях невесомости бестигельная плавка может стать одним из основных элементов космической технологии. Уже в ближайшем будущем дистанционное воздействие электромагнитного поля найдет широкое применение в металлургическом процессе: литье и транспортировка жидких металлов, их дозирование и др. Интересным приложением магнитной гидродинамики может стать электромагнитный лоток. Жидкий алюминий в таком лотке будет двигаться вверх по уклону даже под углом в 70° к горизонту.

На принципе взаимодействия движущегося жидкого металла с магнитным полем сконструирован оригинальный измеритель скорости движения жидкого металла по герметической трубе. Если вблизи трубы в поперечно расположенном проводе создать импульс электрического тока, то магнитное поле не сразу проникнет в жидкость, а создаст в ней «пятно» из индукционных токов. Скорость такого пятна легко измерить специальным датчиком.

Но наиболее важным приложением взаимодействия поля и движущейся среды, активно разрабатываемым современной наукой, является магнитно гидродинамический генератор (МГД-генератор), в котором ионизованный газ движется в магнитном поле. В таком генераторе происходит бесконтактное преобразование механической энергии рабочего тела в энергию электромагнитного поля.

Однако из-за сравнительно низкой проводимости ионизированного газа к. п. д. МГД-генератора сравнительно невысок. Чтобы его повысить надо увеличивать размеры всей машины причем вес магнитной системы становится равным нескольким тысячам тонн. Применение вместо газа потока жидкого металла могло бы значительно сократить размеры МГД-генератора. Но на этом пути существуют, конечно, свои технические трудности.

С определенными ограничениями можно применить магнитно-гидродинамические методы и к электролитам, хотя их удельное электрическое сопротивление больше, чем у металлов в 10^5 — 10^6 раз. Если электрический ток и магнитное поле будут горизонтальны, то, взаимодействуя друг с другом, они создадут вертикальную силу в жидкости, как бы искусственно утяжеляя или облегчая ее. Так как по закону Архимеда выталкивающая сила равна весу вытесненной жидкости, то электромагнитная добавка к весу изменяет выталкивающую силу, действующую на непроводящие тела, помещенные в жидкость. Советскими учеными на основе этого принципа сконструирован ряд аппаратов для фракционного разделения руд, каменного угля, алмазов.

По-видимому, магнитная гидродинамика скрещенных электрических и магнитных полей будет иметь и много других, неизвестных пока применений.

УПРАВЛЯЕМЫЕ МУТАЦИИ

С. М. Гершензон (Киев)

МУТАЦИОННОЕ ДЕЙСТВИЕ ДНК И ПРОБЛЕМА МУТАЦИЙ

«Генетика», 1966, № 5

Первые химические факторы, вызывающие мутации, были описаны В. В. Сахаровым и М. Е. Лобашевым в 1937—1938 гг. Эти вещества обладали сравнительно слабым мутагенным действием, но уже вскоре И. А. Рапопорт и Г. Ауэрбах совместно с И. Робсоном обнаружили более активные вещества.

В 1939 г. автор настоящей статьи установил, что сильным мутагенным действием обладает частично деполимеризованная ДНК из зобной железы теленка, вызывающая, при добавлении ее к корму личинок дрозофилы, появление такого количества мутаций, которое сопоставимо с частотой мутаций в результате ионизирующего облучения. Война и временное прекращение генетических работ с дрозофилой задержали публикацию и анализ материалов исследования, а между тем они представляют значительный интерес.

Два обстоятельства особенно существенны. Во-первых, не всякая ДНК вызывает мутации дрозофил. В то время как ДНК из зобной железы теленка обладает сильно выраженным мутагенным действием, точно так же обработанный препарат из эмбрионов дубового шелкопряда оказывается совершенно неэффективным. В опытах О. Фахми и М. Фахми (1962—1964 гг.) и С. Мэтью (1965 г.) была подтверждена активность ДНК из зобной железы теленка и установлена неэффективность препарата ДНК из спермы рыб. Следовательно, мы имеем дело с мутагенами, специфическими для данного организма, в частности для дрозофил.

Выявление же специфических

факторов, вызывающих мутацию, является важным шагом к получению направленных мутаций, т. е. к подлинному управлению мутационным процессом.

Второе существенное обстоятельство заключается в том, что спектр видимых мутаций, вызванных у дрозофил препаратом ДНК, значительно отличается от спектра мутаций, наблюдаемых у этих мушек при спонтанном мутировании или при использовании в качестве мутагенного фактора рентгеновских лучей. При выращивании личинок дрозофил на среде, содержащей препарат ДНК, очень редко возникают обычные при других условиях мутации, связанные с изменением окраски или строения глаз, цвета тела или числа щетинок. Зато в этих условиях наблюдаются многочисленные мутации, затрагивающие размеры, форму и жилкование крыльев и несколько реже мутации, связанные с резким утончением щетинок.

Избирательное действие препарата ДНК на наследственное вещество дрозофил свидетельствует о наличии в их хромосомах «горячих точек», особенно чувствительных к этому препарату. Очевидно, действию деполимеризованной ДНК подвергаются не все хромосомы половых клеток, а лишь определенные участки хромосом. Избирательное действие препарата не может быть объяснено включением фрагментов ДНК препарата в ДНК дрозофил — такие включения не удаются и в тех случаях, когда используются высокомолекулярные препараты ДНК родственных дрозофиле видов. Тем более невероятно включение в ДНК дрозофилы фрагментов низкомолеку-

лярного препарата ДНК, полученной к тому же из тканей млекопитающего.

Трудно объяснить специфическое действие препарата ДНК его непосредственным взаимодействием с активными группами ДНК дрозофилы (кодонами генов), так как все гены содержат множество сходных кодонов, препарат же, как мы знаем, оказывает воздействие лишь на некоторые из них. Гораздо правдоподобнее допущение, что молекулы вводимой извне измененной ДНК или фрагменты этих молекул влияют на процессы формирования и деления хромосом, приводя каким-то образом некоторые гены в неустойчивое состояние, характеризующееся повышением частоты мутаций.

Существование особо мутабельных генов генетикам известно давно. Мак Клинтон еще в 1956 г. показала, что у кукурузы мутабельность отдельных генов может быть связана с наличием особых «контролирующих элементов», которые не имеют фиксированного положения на хромосоме, хотя и отдают «предпочтение» ее определенным участкам. Вполне возможно, что фрагменты ДНК, содержащиеся в использованном автором препарате играют роль именно таких «контролирующих элементов».

Если верна гипотеза о том, что экзогенные (чуждые наследственному веществу данного организма) макромолекулы могут выполнять роль «контролирующих элементов», то перед нами открывается путь к получению направленных мутаций, к осуществлению одной из основных задач современной генетики.



АСТРОНОМИЯ И ФИЛОСОФИЯ

К. Х. Рахматуллин
ДИАЛЕКТИЧЕСКИЙ МАТЕ-
РИАЛИЗМ И СОВРЕМЕННАЯ
АСТРОНОМИЯ.

Изд-во «Казахстан», 1965, 254 стр.

Исследование мировоззренческих проблем астрономии — одна из актуальных задач современного научного познания. В свете этого книга К. Х. Рахматуллина несомненно имеет важное методологическое значение. Главное внимание автор сосредоточил на принципе развития в современной астрономии. В первой главе рассматривается специфика космогонической проблемы, дан также обзор существующих взглядов на возникновение и развитие галактик, звезд и планетных систем. Автор считает, что расчленение мира на микро-, макро- и мегамиры уже не соответствует уровню развития современного научного знания. Поэтому предлагается выделить субквантовый гипокосмос объектов менее 10^{-14} см и гиперкосмос как качественно новую ступень Большой Вселенной.

Множественность обитаемых миров, астрономические, геологические и биохимические условия возникновения жизни во Вселенной и мировоззренческое значение астробиологии рассматриваются во второй главе.

Третья глава книги обобщает астрономический материал, рассмотренный в первых двух главах и дает философские выводы из него. В развитии космической материи, полагает автор, нет преимущественного направления, так как признание однонаправленности привело бы нас к идеям конеч-

ности мира во времени, его сотворения и неизбежной гибели. Развитие сколь угодно малой или большой материальной системы имеет две ветви: восходящую и нисходящую. Общим критерием развития космических систем является не усложнение форм движения, связей и структур (хотя такой критерий и применим на восходящей ветви развития), а необратимые качественные изменения. Повторение элементов старого при спиралевидном развитии происходит не на высшей, а на новой основе. Мысль автора о «горизонтальном» и «вертикальном» развитии не очень обоснована.

По мнению К. Х. Рахматуллина, в области космических объектов понятие борьба противоположностей не охватывает всех особенностей взаимоотношений между этими телами. Целесообразно говорить о единстве и взаимодействии противоположностей. В этой связи в книге подробно освещено взаимодействие противоположных сторон и тенденций в развитии небесных тел: притяжения и отталкивания, динамической устойчивости и изменчивости, непрерывности и прерывности и т. д. Глава заканчивается философским анализом теории «непрерывного творения материи из ничего», ее идеалистических выводов и в то же время возможного объективного содержания (с точки зрения регенерации водорода, образования химических элементов и второго встречного магистрального пути развития вещества и энергии во

Вселенной — их концентрации, — о котором писал еще Ф. Энгельс). При этом следовало бы отметить, что в последнее время от «теории непрерывного творения» отказались сами авторы ее.

Завершающая глава посвящена рассмотрению некоторых методологических проблем современной космонавтики.

В этой в целом интересной книге содержатся, к сожалению, недостаточно обоснованные и спорные положения. На наш взгляд, автор слишком вольно толкует предмет астрономии, включая в него космическую биологию, астрофизику, космическую медицину, космогонию, астроботанику, космическую геологию и т. д. Такая трактовка зачастую приводит к не совсем адекватным методологическим выводам.

В ряде мест автор увлекается сугубо астрономической стороной вопроса, не вскрывает и не включает в достаточной мере его философскую, методологическую часть.

Высказанные критические замечания не снимают, однако, положительных сторон работы. На основе богатейшего фактического материала из области современной астрономии автор критикует религиозно-идеалистические концепции и одновременно правильно ставит и решает некоторые актуальные проблемы методологии диалектического материализма.

А. Нысанбаев
Кандидат философских наук

Алма-Ата

ПРИРОДА СУРОВОГО КРАЯ

Г. Д. Рихтер, А. Г. Чикишев
СЕВЕР ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ
СССР

Изд-во «Мысль», 1966, 237 стр.,
ц. 1 р. 01 к.

Кто побывал на русском Севере за полярным кругом, где летом всегда день и кипит жизнь пернатых, кто любовался синью лесных озер, или путешествовал в таежных районах, тот на всю жизнь сохраняет в своем сердце привязанность к этому суровому, но прекрасному краю! Авторы этой книги немало побродили по северным тропам, и без троп, изучая самобытную природу Севера нашей страны. Простым, доступным широкому кругу читателей языком рассказывают они о своеобразной природе обширной территории, включающей на севере Советское Заполярье, а на юге — колыбель России — лесные районы Костромской, Ивановской, Ярославской и других областей.

Доходчивость текста хорошо дополняется иллюстрациями. Удачно использованы наряду с видовыми фотографиями и карты: копии аэрофотоснимков, это поможет читателю составить наглядное представление о ландшафте края.

Знакомя читателя с геологией и рельефом авторы делают это не отвлекаясь, а с точки зрения

условий хозяйственной деятельности. Так описан и климат, что отражено в удачном подборе карт. Например, наряду с многочисленными климатическими картограммами, эту главу иллюстрирует карта отопительного периода, что дает конкретное представление о весьма существенной стороне условий жизни человека на севере России. Есть также картограмма, на которой выделены зоны разной обеспеченности теплом и дана их сельскохозяйственная характеристика. В книге содержится и подробная характеристика снежного покрова, этого интересного природного явления, знание распределения которого важно особенно для районов господства озимых культур.

В главе, посвященной поверхностным и подземным водам, обращается внимание на недостатки в охране водных ресурсов Севера и перспективы использования обширных болотных массивов.

К сожалению, в книге много опечаток, и встречаются отдельные частные ошибки. В перечне животных (для Волжского бассейна) упоминается сибирский осетр *Acipenser Baeri*, отсутствующий в нем; карповые встречаются не только в бассейне Балтийского моря, как пишут авторы, но и

Белого. На стр. 105 неверно указано, что нерестящиеся в Саргассовом море угри, у берегов Европы появляются «лишь во взрослом состоянии»: они туда подходят сразу после появления на свет. На стр. 114 дано неправильное определение понятия планктон, в него включены и представители бентоса. Излишни в тексте многочисленные латинские названия представителей животного и растительного мира (они приведены в систематическом списке в конце книги). Ошибочно указан девонский возраст интрузий Хибинских и Ловозерских массивов. В действительности они относятся к карбону (стр. 139). Река Тулома, впадающая в Кольский фьорд, отнесена к бассейну Белого моря (стр. 143).

Эти и другие небольшие ошибки и неточности особенно обидны (хотя и не умаляют всей ценности работы), так как несомненно эта содержательная книга принесет большую пользу не только практическим работникам, но и студентам географических факультетов, а также всем интересующимся природой нашего Севера.

М. К. Г р а в е,

В. В. Н и к о л ь с к а я
Москва

ПУТЕШЕСТВИЕ НА КРАЙ ЗЕМЛИ

Рокуэлл Кент
ПЛАВАНИЕ К ЮГУ ОТ
МАГЕЛЛАНОВА ПРОЛИВА
Изд-во «Мысль», 1966, 247 стр.,
ц. 82 коп.

Перед нами еще один «дневник мирных приключений» Рокуэлла Кента, написанный в присущей ему своеобразной манере и иллюстрированный неповторимыми рисунками с натуры. Советский читатель уже знаком с

литературными произведениями известного американского художника, писателя и общественного деятеля. В новой книге, выпущенной издательством «Мысль», Рокуэлл Кент рассказывает о том, как в начале 20-х годов, гонимый все той же страстью колесить по свету, устав от шума и суеты Нью-Йорка, он отправился на «край света», в «худшее ме-

сто земли», в таинственную Тьерра дель Фуэго.

Прибыв на пароходе в чилийский порт Пунта-Аренас, Кент приобрел там подержанную шлюпку, переоборудовал ее и отправился с помощником в плавание по бесконечным протокам Магелланова пролива. Порой ему приходилось оставлять судно и преодолевать малообжитые

или вовсе пустынные пространства Огненной Земли в лодках местных жителей, верхом на лошади или пешком, с рюкзаком за плечами. Как во всех своих странствиях, Кент и здесь не расставался с холстом и кистями.

Художник-писатель точно, зрительно ощутимо передает свои впечатления об увиденном, пережитом, испытанном:

«Здесь, в краю, о котором разнеслась дурная слава... я наслаждался чудесным солнцем, такими великолепными альпийскими и тихоокеанскими видами гор с заснеженными вершинами, картинами зеленых лесов, синего моря, какие только может представить человеческое воображение».

Рокуэлл Кент не только любит редкостными пейзажами. Его описания содержат много

яркого познавательного материала. Во всех его произведениях обязательно присутствует человек. Природа — человек — труд — счастье — это постоянно волнующая его тема.

С необычайной теплотой вспоминает Рокуэлл Кент о встречах с охотниками, фермерами, с индейцами племени опа и яган. Он негодует при мысли «о смертоносной доброте миссионерских начинаний», об «извечной дикости христиан», отнявших у местных жителей их «нецивилизованные радости» и превративших побережье, где когда-то жили тысячи индейцев, в пустынные земли... Вместе со своими героями он мечтает увидеть этот «край многолюдным и процветающим благодаря трудам населения, чья оторванность от остального мира увенчается расцветом свободы».

«Мы много насмотрелись за свое путешествие,— заканчивает художник рассказ о своих странствиях.— Мы претерпели самые большие трудности, какие можно встретить в этих диких просторах, прошли много миль через такие места, куда не ступала нога белого человека, и поняли, что даже самые большие трудности путешествия приносят радость тем, кто любит с рюкзаком за спиной бродить в нехоженных краях!»

Новая книга Рокуэлла Кента порадует советских читателей интересными сведениями о малоизвестном уголке земного шара, красочными картинами природы, живым «кентовским» юмором и замечательными рисунками выдающегося художника.

Е. И. Ильин
Москва

КНИЖНЫЕ НОВИНКИ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

Ажажа В. Г. ПОДВОДНАЯ ЛОДКА В НАУЧНОМ ПОИСКЕ. 112 стр., ц. 21 к.

Алексеев Г. Н. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ. 192 стр., ц. 29 к.

Настев Г., Койнов Р. МОЗГ И СОЗНАНИЕ, 96 стр., ц. 18 к.

Россолимо Л. Л. БАЙКАЛ. 168 стр., ц. 32 к.

Урусов И. Д. МГД-ГЕНЕРАТОРЫ. 176 стр., ц. 34 к.

«ЗНАНИЕ»

Адабашев И. И. ПОКОРЕНИЕ «ГОЛУБОГО КОНТИНЕНТА». 47 стр., ц. 9 к.

Блинкин С. А. ВТОРЖЕНИЕ В ТАЙНЫ МИКРОМИРА. 64 стр., ц. 12 к.

Малашко И. Ф. ИЗЛУЧЕНИЕ И ВЕЩЕСТВО. 96 стр., ц. 18 к.

Новожилов Б. В. ГОРЕНИЕ И ВЗРЫВ. 78 стр., ц. 15 к.

Тростников В. Н. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ НАУКЕ. 48 стр., ц. 9 к.

Эмануэль Н. М. ЦЕПНЫЕ РЕАКЦИИ И ИХ РОЛЬ В НАУКЕ И ТЕХНИКЕ. 64 стр., ц. 12 к.

АТОМИЗДАТ

Зелиг К. АЛЬБЕРТ ЭЙНШТЕЙН. 238 стр., ц. 90 к.

Мак Дональд Д. ФАРАДЕЙ, МАКСВЕЛЛ, КЕЛЬВИН, 153 стр., ц. 45 к.

Соколов В. А. ИСТОЧНИК БЕТА-ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ. 85 стр., ц. 25 к.

«МЫСЛЬ»

ВОПРОСЫ НАУЧНОГО АТЕИЗМА. Вып. 3, 450 стр., ц. 1 р. 35 к.

Грин Л. ПОСЛЕДНИЕ ТАЙНЫ СТАРОЙ АФРИКИ, 110 стр., ц. 85 к.

Шалимов А. И. ПУТЬ К ПОРОГУ ВЕЛИКИХ ТАЙН (Научно-художественные очерки о геологах и вулканологах.) Серия «Путешествия. Приключения. Фантастика». 256 стр., ц. 65 к.

«МИР»

Джуа М. ИСТОРИЯ ХИМИИ. Перев. с итал., 452 стр., ц. 3 р. 20 к.

КОСМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА. Сб., перев. с англ., 739 стр., ц. 3 р. 47 к.

Ленинджер А. МЕТОХОНДРИЯ. Перев. с англ., 315 стр., ц. 1 р. 34 к.

Уокер Р. ЗАТОНУВШИЕ МАТЕРИКИ И ТАЙНЫ ИСЧЕЗНУВШИХ ПЛЕМЕН. Перев. с англ., 150 стр., ц. 57 к.

Фьюзон Р. РЕАКЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ. Перев. с англ., 645 стр., ц. 3 р. 48 к.

МОРЖИ НА ОСТРОВЕ ВИЛЬКИЦКОГО

При плавании в Восточно-Сибирском море океанографическое судно «Азимут» подошло к о-ву Вилькицкого. Этот небольшой островок (в поперечнике около 2 км), затерянный в просторах Северного Ледовитого океана, из-за сложных ледовых условий очень редко посещается людьми. (Последний раз летом 1955 г. здесь было океанографическое судно «Полярник».)

Остров Вилькицкого, в отличие от соседних островов Де-Лонга, имеет богатый животный мир. На острове два пляжа. На каждом из них мы

обнаружили лежбища моржей, причем на расположенном с юго-восточной стороны острова, стадо насчитывает около 400 голов, а на восточном — около 200. В тесном соседстве с моржами обитает два семейства белых медведей.

При приближении судна к острову часть моржей (до 50 животных) ушла с берега и вплотную приблизилась к судну. Около часа плескались они у его бортов, с интересом разглядывая нас. Когда моторный катер направился к острову, животные сопровождали нас до самого берега, но настроены были весьма миролюбиво. Высадившись на берег, мы с фотоаппаратами направились к лежбищу. Животные забеспокоились. Однако, видя, что им не грозит опасность, многие снова мирно задремали, и мы могли фотографировать их с расстояния до 2 м. Моржи, находившиеся на краю стада, даже неплохо «позировали». Особенно любопытной оказалась «молодежь», которая подползла прямо вплотную к фотографу.

В течение часа, пока проходила эта охота с фотоаппаратом, белые медведи, находившиеся на противоположном конце пляжа, опасаясь нас, ушли на другой конец острова и скрылись в скалах.

Наше возвращение на судно проходило под «конвоем» любопытных моржей.

Ж. А. Наваликов
пос. Тикси

От редакции. Известно, что численность моржей — ценных промысловых животных, в наших морях настолько сократилась к 50-м годам, что повсеместно промысел их был полностью запрещен, за исключением добычи коренным населением для личных нужд (по специальным лимитам). Известно также, что запасы моржей в море Лаптевых и Восточно-Сибирском море были сильно подорваны неумеренным хищническим промыслом. Это обстоятельство еще более увеличивает ценность данных, приводимых автором, — моржи совсем не боялись людей, вели себя очень спокойно, что говорит об эффективности их охраны.



КАК ЗАДЕРЖАТЬ УВЯДАНИЕ СРЕЗАННЫХ ЦВЕТОВ?

Какую радость доставляет человеку букет живых цветов! Но как обидно, когда эти цветы быстро вянут. Мы проделали ряд опытов, показавших, что причина столь быстрого увядания объясняется у разных цветов разными причинами.

Изучив водный режим срезанных цветов, мы разделили их на две группы: 1 — растения, в цветках или соцветиях которых значительно снижается содержание воды в тканях после срезки и помещения в воду. При срезке они быстро теряют тургор¹ и почти не восстанавливают его в воде; 2 — растения, в цветках которых после срезки и помещения в воду содержание воды в тканях возрастает.

Типичные представители *первой* группы — это георгины, *второй* — тюльпаны, нарциссы.

Таким образом одна из причин завядания цветков и соцветий, относящихся к первой группе заключается в пониженном содержании воды в тканях срезанного цветка.

На устойчивость срезанных цветков или соцветий первой группы положительное влияние оказывают вещества или смеси веществ, способствующие передвижению воды по стеблю к цветку.

Установлена смесь веществ, дающая положительные результаты, т. е. задерживающая завядание цветков этой группы на 3—4 дня: сахара (или глюкоза) — 1,5%, сернокислый алюминий — 0,075%, сернокислое железо (окисное) — 0,001%, гипохлорит кальция — 0,003%. Почему же именно эти вещества? А потому, что сахара снижают транспирацию срезанных цветков; сернокислый алюминий — дубитель, способствует сохранению в открытом состоянии мельчайших сосудов стебля; серно-

кислое железо стимулирует адсорбцию питательных веществ и их транспорт по стеблю; гипохлорит кальция служит дезинфицирующим средством и позволяет долгое время сохранять воду чистой.

На цветки, относящиеся ко второй группе, указанная выше смесь, не оказывает положительного действия.

Чтобы выяснить причины завядания цветков, относящихся ко второй группе, было проведено изучение интенсивности дыхания цветка срезанного и цветка на растении.

Для опыта были взяты цветки тюльпана, душистого горошка и для сравнения язычковые цветки георгинов, относящиеся к первой группе.

Цветки душистого горошка и тюльпанов обладают высокой интенсивностью дыхания, язычковые цветки георгинов — низкой. Причем у первых отмечалось значительное его падение при срезке. Кроме того, интенсивность дыхания цветков на растении отличалась большей равномерностью в период всего цветения, чем интенсивность дыхания цветков, срезанных и поставленных в воду. Наибольшие колебания были отмечены у срезанных цветков душистого горошка.

По-видимому, у цветков с высокой интенсивностью дыхания имеет место большой расход пластических веществ, расходуемых на дыхание, в частности, сахаров, поступление которых к цветку при срезке резко снижается.

Таким образом, одной из причин завядания цветков, относящихся ко второй группе можно считать резкое понижение интенсивности дыхания, связанное с недостатком сахаров в цветке. Поэтому добавление в раствор сахаров может компенсировать этот недостаток и задержать их завядание. Наиболее положительное действие оказывают растворы сахарозы в 6%-ной концентрации. Такой раствор позволяет за-

держивать завядание различных видов тюльпанов и нарциссов на 3—5 дней.

На срезанные цветки душистого горошка, ландышей и др. сахара или глюкоза не оказывают положительного влияния. Но добавление в раствор сахарозы борной кислоты, вещества, стимулирующего передвижение сахаров в растении, дает хорошие результаты.

Завядание срезанных цветков душистого горошка и ландыша удалось задержать на 4—6 дней по сравнению с контролем, если поставить их в 6%-ный раствор глюкозы или сахарозы при добавлении борной кислоты в концентрации 0,075%.

Имеется целый ряд растений, у которых при срезке снижается содержание воды в тканях цветка, быстро падает и с трудом восстанавливается тургор, однако у этих растений интенсивность дыхания цветка — высокая, а при срезке быстро падает. Типичный представитель таких растений — сирень. Для того, чтобы задержать завядание соцветий сирени, их необходимо помещать в раствор веществ, с одной стороны стимулирующих передвижение воды по стеблю, с другой стороны поддерживающих интенсивность дыхания на высоком уровне. Лучшие результаты были получены при применении такой смеси: сахара или глюкоза — 6%; азотнокислое серебро — 0,003%; азотнокислый кальций — 0,01%.

Применяя смесь этих веществ, нам удалось задержать завядание сирени на 6—10 дней по сравнению с контролем в простой воде.

Следует отметить, что этот раствор оказался наиболее универсальным, с помощью его можно задержать завядание и целого ряда других цветочных культур.

В. Ф. Верзилов,
Е. В. Белянская
Главный ботанический сад
АН СССР
Москва

¹ Состояние напряжения растительных клеток вследствие давления содержимого клетки, на эластичную оболочку и оболочки — на содержимое.

ОСЕНЬ НА БЕЛОМ МОРЕ

Темные ночи после круглосуточного света, штормы, дожди со снегом и заморозки — наступила осень. Она продолжается в Беломорье два месяца: сентябрь и октябрь. Нередко уже в конце октября выпадает снег и лежит до самой весны. А на горах у г. Кандалакши он выпадает и в сентябре. Ночные заморозки сковывают сырые приморские луга под г. Беломорском. Ветер гонит нелепые серые тучи-туманы. Море штормит и, увлекшись, заливают в прилив низменные берега Карелии. Над Воронкой и Горлом проносятся ослепляющие снежные заряды.

Склоны кандалакшских гор расцвечиваются желто-красными пятнами листвы. Березы, осины, рябинки желтеют почти одновременно на всем западном побережье Белого моря.

В шхерах западной части Белого моря празднично окрашенные острова отражаются в застывших между непогодами салмах-проливах. Солнце скромно проходит стороной, не поднимаясь высоко на небосводе. Нигде нет кричащих красок. Цвета, тона, оттенки незаметно переходят один в другой, ласкают глаз. Даже ярко красный мухомор умело вписан в пейзаж северной природы.

Люди в сентябре заканчивают уборку урожая на небольших беломорских полях, косят оставшуюся траву. Колхозные стада, побродившие по сенокосным лугам и опустевшим полям, с середины октября запирают в стойла.

Обитатели моря готовятся к зиме. Морские зайцы и нерпы отрастили такой толстый слой подкожного жира, что убитые не тонут. Теперь их без труда подбирают зверобой. Косяки белух начинают концентрироваться в местах зимовок, где до весны остается достаточно открытой воды. Различные беспозвоночные уходят с обнажающейся в отлив литорали в глубину или закапываются в ил, песок.

По беломорско-балтийскому пути летят миллионы водопла-

вающих птиц. После гнездования в тундре и северной тайге восточнее Белого моря, утки, гуси, крохали, гагары, лебеди направляются к западноевропейским зи-

мовкам. Стаями разной величины летят они то над самой поверхностью моря, то поднимаясь на сотни метров над лесами, болотами и полями. Стая за стаяй проно-



Первый снег под г. Кандалакшей

**ПОЖЕЛТЕНИЕ И ОПАДЕНИЕ ЛИСТЬЕВ У БЕРЕЗ В СРЕДНЕМ
ЗА 1958—1962 гг. В БЕЛОМОРСКОМ РАЙОНЕ КАРЕЛИИ**

Пожелтение листьев			Листопад			
массовое		на послед- них деревьях	массовый			с послед- них деревьев
начало	массовое		начало	массовый	окончан.	
11—15.IX	16—20.IX	21—25.IX	21—25.IX	29.IX— 2.X	1—5.X	6—10.X

сятся под низким серым небом, временами скрываясь в облаках. Работающие на полях и лугах люди часто и не представляют себе сколько птиц пролетает над их головой.

Уже в середине августа появляются стаи гусей-гуменников на островах кандалакшского залива, где они кормятся ягодами воронки и приморскими травами. На побережьях Онежского залива их отдыхает и откармливается в десятки раз больше. С сентября до начала октября вместе с гуменниками там нередко держатся белолобые и встречаются серые гуси. На мелководьях останавливаются сотенные стаи черной казарки.

В конце августа начинается массовая миграция гагар. Сперва небольшими стайками, потом по несколько десятков сотен птиц в стае покидают они Белое море южнее г. Беломорска. Поднявшись на несколько сот метров над водой, с криком пересекают гагары линию берега. Нередко они летят так высоко, что чуть различимы с земли простым глазом. Здесь начинается беспосадочный перелет до Финского залива Балтийского моря, где они пролетают потом у берегов Эстонии.

Массовая миграция уток начинается в середине сентября, достигая наибольшего напряжения около 1 октября. В это время 1—3 дня обычно идет валовой пролет уток и гусей, когда за сутки проносятся многие десятки тысяч птиц. Свиязи, шилохвости, кряквы, чирки-свистунки, гого-

ли, чернети, синьги, турпаны — все спешат покинуть Онежский залив. В это же время появляются стаи морянок. Они будут отлетать почти весь октябрь, в наибольшем количестве появляясь около 10 числа этого месяца.

В косых лучах осеннего солнца за 3 км хорошо видно в бинокль кажущееся контрастно чернотой оперение морянок. Вот лента большой стаи отрывается от воды, изгибается несколько раз вверх, вниз, поднимается постепенно все выше и, наконец, решившись, устремляется над бескрайними лесами и болотами к далекой Балтике.

Во второй половине октября над Горлом Белого моря, потом пересекая Онежский полуостров у пос. Пертоминска, пролетают тысячи белошеких казарок. Редко где еще можно увидеть в таком количестве этих многочисленных теперь птиц. В очень сжатые сроки — иногда за 1 день — проносятся они стая за стаей над Белым морем на юго-запад. В середине октября и второй его половине летят лебеди-кликуны и тундровые лебеди. От одного места кормежки к другому они мигрируют небольшими стайками — отдельными семьями или по два — три выводка вместе. На тихих кормных мелководьях у о-ва Великого в Кандалакшском заливе, в Калгалакшской губе, у Соловецких островов лебеди собираются по нескольку десятков, даже больше сотни птиц.

Кулики и чайки осеью срав-

нительно немногочисленны. Большинство куликов улетает к местам зимовок раньше, еще в августе. Осенью же до середины октября на лугах обычны только золотистые ржанки да иногда бекасиные высыпки. На литорали можно встретить стайку тулесов и чернозобилов. Только морских песочников бывает много на скалистых берегах островов Кандалакшского залива.

Журавли покидают Беломорье к середине сентября. Из дневных хищных птиц только мохноногие канюки-зимняки в лемминговые годы пролетают десятками особей за день. Остальные хищники попадают на глаза единицами — парами.

С середины сентября идет миграция серых ворон. Они придерживаются морского побережья, где на обнажающейся литорали и приморских лугах находят обильный корм. В некоторые годы на запад и север пролетает небольшое количество соек. Переселяются отдельные сороки и вороны.

Мелкие воробьиные не образуют здесь больших скоплений. Их поток широко «разлился» и спокойно «течет» по Карелии и Финляндии, местами только слегка уплотняясь. В окрестностях с. Вирьмы, южнее г. Беломорска, максимум воробьиных отмечается около 1-го и перед 20-м октября. Эти две вершины миграции образуют дрозды-рябинники, обыкновенные чечетки и пучочки. Больше тысячи особей этих трех видов, да еще кормящихся на лугах скворцов, обычно удается наблюдать с 16 сентября до отлета. В 20-х числах октября численность мелких воробьиных птиц резко уменьшается. Наступает предзимье — птицам, кормящимся на земле и воде, становится трудно добывать корм. Участившиеся снегопады и заморозки подгоняют их на юг.

В. В. Бианки
г. Кандалакша

Художественный редактор *З. К. Тарасенко*

Технический редактор *Д. И. Флейшман*

АДРЕС РЕДАКЦИИ: Москва, Ж-127, ул. Осипенко, 52, тел. В 1-76-80

Подписано к печати 6/IX 1966 г.
Уч.-изд. л. 15

T-11682

Бум. л. 4

Формат бумаги 84×108^{1/16}
Тираж 32 000 экз.

Печ. л. 13,7+2 вклейки
Заказ 1010

2-я типография издательства «Наука». Москва, Шубинский пер., 10

**ИМЕЮТСЯ В ПРОДАЖЕ
КНИГИ
ИЗДАТЕЛЬСТВА
«НАУКА»:**

Дамаскин Б. Б., Петрий О. А. **СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОХИМИЯ.** (Научно-популярная серия), 1965, 110 стр., ц. 16 коп.

Авторы знакомят читателя с развитием электрохимии, с ее использованием в биологии для определения электрического заряда в различных органах и тканях животных, в металлургической промышленности, производстве разнообразных химических продуктов, в освоении космического пространства (создание радиосхем для выделения слабых сигналов) и т. д.

Дарвин Д. Г. **ПРИЛИВЫ И РОДСТВЕННЫЕ ИМ ЯВЛЕНИЯ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ.** Изд. 2-е, 1965, 252 стр., ц. 96 коп.

Сын Ч. Дарвина, видный английский естествоиспытатель Джордж Дарвин, в этой увлекательной книге рассказывает о том, что такое приливы, как и отчего они происходят в морях, реках и озерах.

Даже названия некоторых глав («Кольцо Сатурна», «Мысли о происхождении двойных звезд», «Эволюция небесных систем») говорят о том, что любитель астрономии может найти здесь для себя много интересного и полезного.

Шафрановский И. И. **АЛМАЗЫ.** (Научно-популярная серия), 1964, 174 стр., ц. 27 коп.

История алмаза — одна из любопытнейших страниц истории материальной культуры. Эта книга рассказывает о свойствах алмазов, об их применении для резки, полировки, сверления и обточки камней и металлов, о роли алмазов в деле исследования земных недр.

Книги можно выписать по почте. Для этого нужно направить свой заказ по адресу: Москва, В-463, Мичуринский проспект, 12, магазин «Книга — почтой» Центральной конторы «Академкнига» или в ближайший магазин «Академкнига».

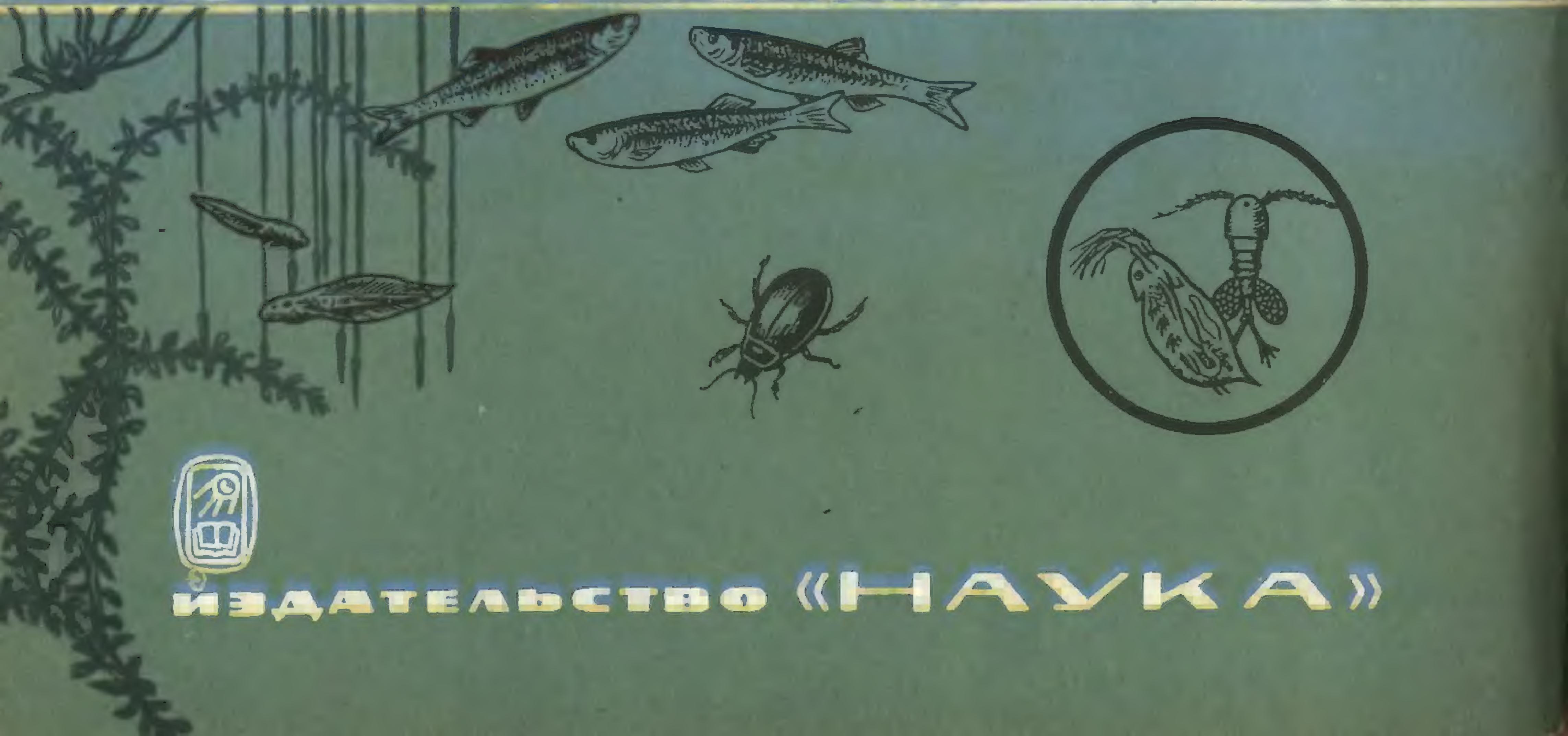
**АДРЕСА МАГАЗИНОВ
«АКАДЕМКНИГА»:**

Москва, ул. Горького, 8 (магазин № 1); Москва, ул. Вавилова, 55/5 (магазин № 2); Ленинград, Д-120, Литейный проспект, 57; Свердловск, ул. Белинского, 71-в; Новосибирск, Красный проспект, 51; Киев, ул. Ленина, 42; Харьков, Уфимский пер., 4/6; Алма-Ата ул. Фурманова, 139; Ташкент, ул. Шота Руставели, 43; Баку, ул. Джапаридзе, 13; Уфа, 55, проспект Октября, 129; Уфа, Коммунистическая ул., 49; Фрунзе, Проспект Дзержинского, 41.

„АКАДЕМКНИГА“

50 коп.

Индекс 70707



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»